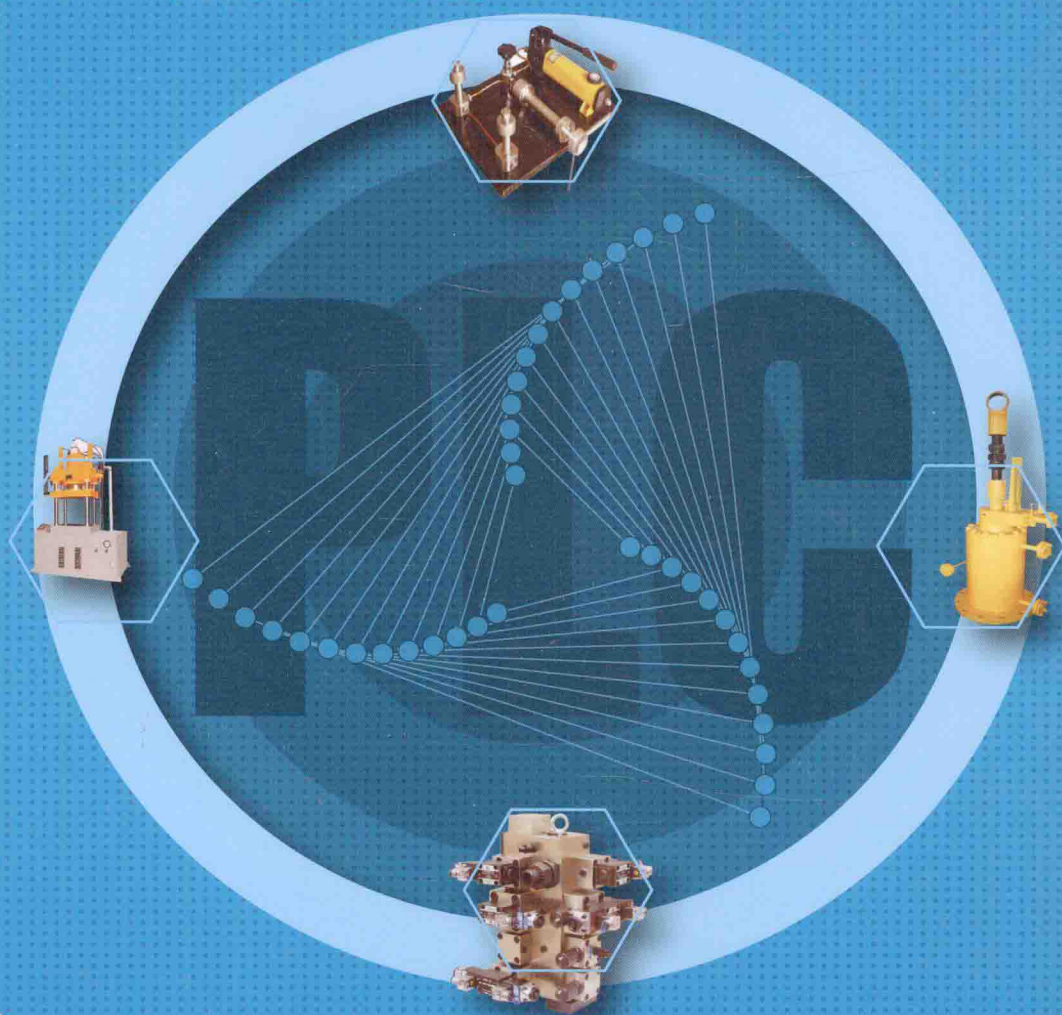


现代液压气动应用技术
丛书

XIANDAI YEYA QIDONG YINGYONG
JISHU CONGSHU

液压与气动控制 PLC应用案例

黄志坚 黄新辉 编著

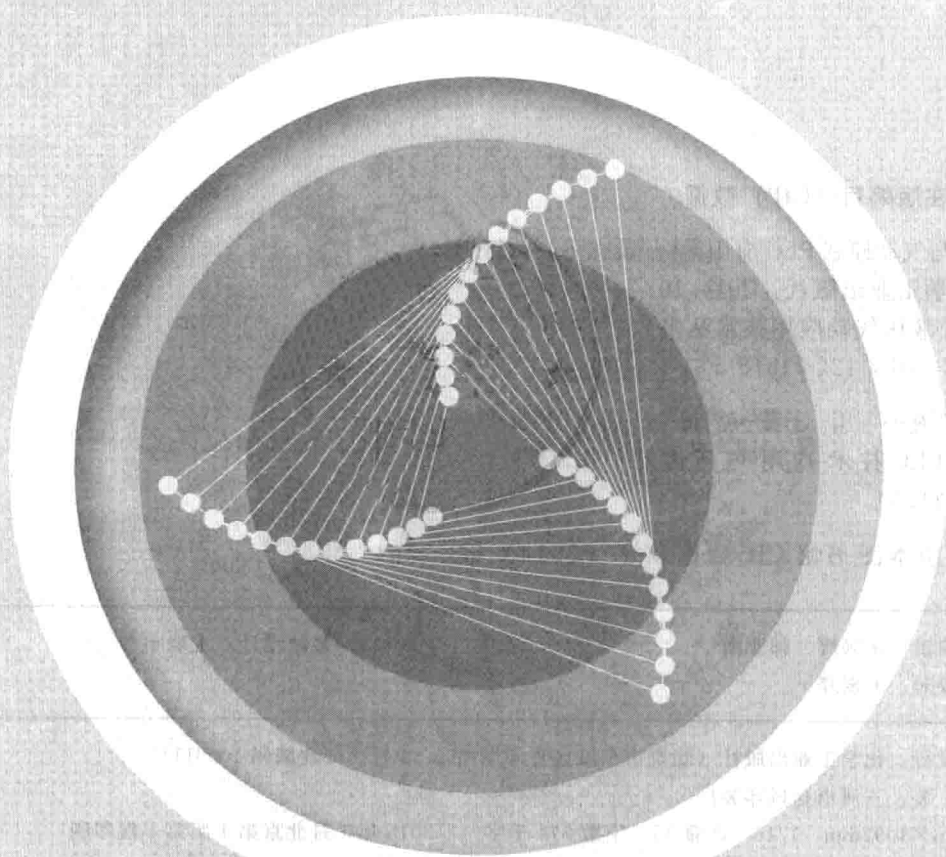


化学工业出版社

现代液压气动应用技术
丛书 

液压与气动控制 PLC应用案例

黄志坚 黄新辉 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书精选大量案例,介绍 PLC 在液压与气动控制系统中的应用。全书共 7 章,第 1~6 章分别介绍液压-PLC 控制系统在机械、轻纺、冶金、能源、物料输送、测试等各类设备控制中的具体应用;第 7 章介绍气动-PLC 系统应用案例,各案例主要包括液压或气动系统结构,PLC 系统的硬件和软件。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、气动-PLC 系统设计开发、技术改进等实践活动的总结。

本书主要供液压、气动与 PLC 设计开发及相关设备使用、维修人员使用,也可作为大学及职业技术学院相关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

液压与气动控制 PLC 应用案例/黄志坚,黄新辉编著. —北京:化学工业出版社,2014.10
(现代液压气动应用技术丛书)
ISBN 978-7-122-21518-5

I. ①液… II. ①黄…②黄… III. ①PLC 技术-应用-液压传动②PLC 技术-应用-气压传动 IV. ①TH137②TH138③TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 175017 号

责任编辑:张兴辉 韩亚南
责任校对:王素芹

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 15 字数 374 千字 2015 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:68.00 元

版权所有 违者必究



前言

FOREWORD

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。气压传动系统具有结构简单、造价较低、易于控制的特点。气动技术在多个工业门类的自动化生产线得到了广泛的应用。

PLC 应用到液压与气动系统, 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, 液压与气动系统采用 PLC 控制。液压、气动与 PLC 是双向信息交流的关系, 相互间密不可分。

本书精选大量案例, 介绍 PLC 在液压与气动控制系统中的应用。全书共 7 章, 第 1~6 章分别介绍液压-PLC 控制系统在机械、轻纺、冶金、能源、物料输送、测试等各类设备控制中的具体应用; 第 7 章介绍气动-PLC 系统应用案例, 各案例主要包括液压或气动系统结构, PLC 系统的硬件和软件。

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、气动-PLC 系统设计开发、技术改进等实践活动的总结。

作为液压、气动、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、气动、PLC 工程技术一般规律与方法的应用, 它蕴含着学科的共性。

本书由黄志坚与黄新辉编著, 其中第 3 章由黄新辉执笔, 其余由黄志坚执笔, 沈文轩工程师参与了相关设计开发工作, 研究生左智飞、郭威参与了资料搜集工作, 全书由黄志坚统稿。

编著者



目 录

CONTENTS

第 1 章 机械工业液压-PLC 系统应用案例	1
1.1 机床液压-PLC 系统应用案例	1
1.1.1 车床液压-PLC 系统	1
1.1.2 龙门式数控钻床液压-PLC 系统	3
1.1.3 PLC 在液压中频淬火机床中的应用	7
1.1.4 轴类零件校直机液压-PLC 系统	9
1.2 压力机-PLC 系统应用案例	11
1.2.1 1600t 磨料制品液压机 PLC 控制	11
1.2.2 PLC 在植物纤维液压机中的应用	14
1.2.3 TPH-3000 型框架式液压机保压方式改进	17
1.2.4 压装压力机液压-PLC 系统	20
1.2.5 地毯发泡压机液压及电控系统	23
1.3 机械手液压-PLC 系统应用案例	26
1.3.1 肋骨冷弯机机械手液压 PLC 系统	26
1.3.2 转位机械手液压-PLC 系统	29
第 2 章 轻纺工业液压-PLC 系统应用案例	33
2.1 注塑机液压-PLC 系统应用案例	33
2.1.1 XS-ZY-125 注塑机的 PLC 控制	33
2.1.2 基于 PLC 和 HMI 的注塑机控制系统	35
2.1.3 变频器和 PLC 用于注塑机节能改造	39
2.1.4 精密注塑机 PLC 控制系统	41
2.2 橡胶机械液压-PLC 系统应用案例	44
2.2.1 密炼机上顶栓液压-PLC 系统	44
2.2.2 轮胎均匀性试验机精确定位 PID 控制系统	46
2.3 纺织机械液压-PLC 应用案例	49
2.3.1 S7-200PLC 和 TP177 型触摸屏应用于液压往复装置	49
2.3.2 PLC 应用于液压电子多臂开口装置	50
第 3 章 冶金工业液压-PLC 系统应用案例	54
3.1 有色冶金机械液压-PLC 系统应用案例	54
3.1.1 铝锭铸造机液压及 PLC 测控系统	54

3.1.2	35MN 铝合金挤压机电液系统的改造	58
3.2	钢铁冶金机械液压-PLC 系统应用案例	61
3.2.1	大包滑板液压站控制系统	61
3.2.2	PLC 在 H 型钢轧线液压系统中的应用	63
3.2.3	线棒材输出辊道液压站 PLC 控制	64
3.2.4	PLC 用于液压压平机的控制	66
3.2.5	车轮压轧线全液压重载机械手自动控制系统	68
3.3	打包机液压系统 PLC 控制应用案例	71
3.3.1	金属液压打包机的 PLC 控制	71
3.3.2	铝加工液压打包机的 PLC 控制	74
第 4 章	能源工业液压-PLC 系统应用实例	77
4.1	煤矿液压-PLC 系统应用案例	77
4.1.1	液压提升机的加速度控制	77
4.1.2	液压绞车 PLC-变频容积调速系统	79
4.1.3	智能型液压驱动架空乘人装置控制系统	80
4.1.4	液压支架 PLC 控制系统	84
4.2	石油工业液压-PLC 系统应用案例	87
4.2.1	节能液压抽油机控制系统	87
4.2.2	风电互补液压抽油机	89
4.2.3	海洋平台桩腿升降装置液压-PLC 系统	91
4.2.4	自升式海洋石油平台升降系统	95
4.3	电力设备液压-PLC 系统应用案例	97
4.3.1	ASIC-PLC 全数字式水轮机调速器	97
4.3.2	液压止回蝶阀 PLC 控制系统	101
4.3.3	MPS 型中速磨煤机自动加载液压系统	103
4.3.4	PLC 在风力发电机变桨距系统中的应用	105
第 5 章	输送搬运液压-PLC 系统应用案例	110
5.1	电梯液压-PLC 控制系统应用案例	110
5.1.1	三层液压电梯 PLC 控制系统	110
5.1.2	阀控-变频液压电梯	112
5.2	输送装置液压-PLC 控制系统应用案例	114
5.2.1	输送机液压-PLC 控制系统	114
5.2.2	西门子 S7-300 PLC 在液压送料机控制系统中的应用	117
5.2.3	PLC 用于输送机液压拉紧装置控制	121
5.2.4	卡环式步进提升机及其 PLC 控制	123
5.3	特种车辆液压-PLC 控制系统应用案例	126
5.3.1	基于 CAN 总线的车辆 PLC 控制系统	126
5.3.2	电控泵在牵引车液压行走系统中的应用	128
第 6 章	液压测试 PLC 控制应用案例	133
6.1	液压元件测试 PLC 控制应用案例	133
6.1.1	液压综合试验平台的 PLC 实时测控系统	133

6.1.2	基于 PLC 的液压泵测试台	136
6.1.3	基于工控机和 PLC 的电液比例同步控制液压试验台	138
6.1.4	液压控制密封试验台	142
6.2	专用液压部件测试 PLC 控制应用案例	144
6.2.1	恒力液压机测控系统	144
6.2.2	基于电液比例控制的襟翼驱动器液压加载系统	147
6.2.3	飞机起落架收放动态加载试验液压系统	149
6.2.4	上下位机控制的液压动力滑台测试系统	155
第 7 章	气动-PLC 系统应用案例	159
7.1	制造加工气动-PLC 系统应用案例	159
7.1.1	汽车变速滑叉支架装配机气压系统及其 PLC 控制	159
7.1.2	壳体类零件气动铆压装配机床	162
7.1.3	触摸屏与 PLC 控制的异型管锯管机	165
7.1.4	PLC 控制的多工序气动夹具	168
7.1.5	连杆清洗设备的气动夹具	173
7.1.6	基于 PLC 的自动丝网印花机控制系统	177
7.1.7	基于 PLC 的气动贴标机	178
7.1.8	抛光机气动-PLC 系统	181
7.1.9	浇注气动-PLC 系统	183
7.2	检测设备气动-PLC 系统应用案例	187
7.2.1	飞机气动元件综合测试系统	187
7.2.2	基于计算机控制的飞机气动附件测试系统	190
7.2.3	基于 PLC 控制的气动模拟测量系统	192
7.2.4	PLC 控制的变送器自动测漏系统	195
7.3	物料传输气动-PLC 系统应用案例	199
7.3.1	气动物流输送及分拣系统的 PLC 控制系统	199
7.3.2	基于 PLC 的气动送料控制系统	202
7.3.3	基于 PLC 的气动分拣装置控制系统	205
7.3.4	基于 PLC 和气动技术的自动输送系统	207
7.3.5	气动无尘装车机及其 PLC 控制系统	210
7.3.6	FX2NPLC 气动供料单元的控制系统	215
7.3.7	PLC 在气动计量系统改造中的应用	217
7.4	机械手气动-PLC 系统应用案例	220
7.4.1	基于 PLC 的安瓿瓶气动开启机械手	221
7.4.2	基于 PLC 和触摸屏的气动机械手控制系统	223
7.5	阀岛-PLC 系统应用案例	227
7.5.1	阀岛在卷烟机组中的应用	227
7.5.2	阀岛在钻机气控系统中的应用	230
参考文献		233



第1章

Chapter 01

机械工业液压-PLC 系统应用案例

机械工业是其他经济部门的生产手段，是一切经济部门发展的基础。液压-PLC 系统在机械工业自动化领域起重要作用。

1.1 机床液压-PLC 系统应用案例

1.1.1 车床液压-PLC 系统

在机械工业中，车床占有相当比例，部分车床采用液压-PLC 系统来控制刀具的自动切换。

(1) 车床液压控制回路工作原理

车床液压控制回路主要由以下元件组成：左夹紧液压缸用于夹紧工件和卸下工件，中横向进给液压缸带动刀具横向进给，右纵向进给液压缸带动刀具纵向进给，6 个电磁换向阀控制进给液压缸的前进与后退，2 个调速阀控制进给液压缸进给速度，双联泵提供液压油输出，另外采用 3 个单向阀控制液压油流动方向，减压阀和压力继电器监控夹紧缸的油压。

液压控制回路如图 1-1 所示，其作用主要是控制车床完成整个切削加工过程，一个工作循环分为 8 个步骤：装件夹紧、横快进、横工进、纵工进、横快退、纵快退、卸下工件、原位停止。各步骤的切换分别由行程开关 SQ1~SQ7 控制，具体工作循环如图 1-2 所示。行程开关用于控制液压回路中 6 个电磁换向阀电磁铁的通电，改变液压油流向，实现液压缸动作顺序，完成切削过程。电磁铁动作顺序如表 1-1 所示。

① 装件夹紧。接通液压回路电源，按下启动按钮 SB1，电磁铁 6YA、7YA 通电，5YA 失电，两阀右位接入液压回路，双联泵左侧高压小流量泵提供高压液压油，保证夹紧力；此时夹紧液压缸右腔进油，活塞左移，完成工件的夹紧。

② 横快进。活塞左移到一定位置，工件夹紧后，压下行程开关 SQ1，此时 7YA 断电使双联泵右侧低压大流量泵提供大流量液压油，1YA 通电使该阀左位接通，横向进给液压缸下腔进油，带动刀具快进，实现横向快进动作。

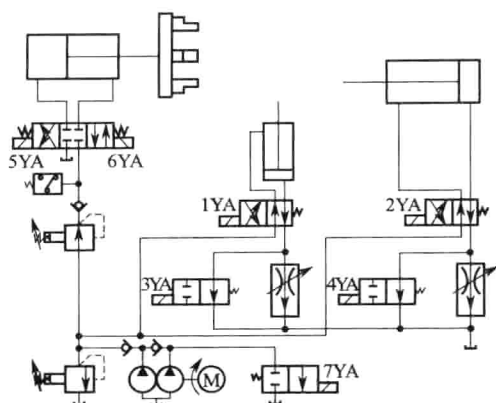


图 1-1 车床液压控制回路

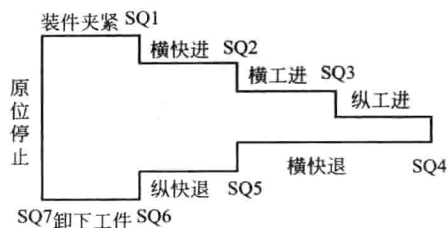


图 1-2 工作循环图

③ 横工进。当横向进给液压缸到达切削加工区域时，压下行程开关 SQ2，此时电磁铁 1YA、3YA、6YA、7YA 通电，此处快速油路切断，液压油从其右侧调速阀经过，从而控制横向液压缸进给速度，完成横向工进，对工件进行横向切削加工。

④ 纵工进。横向进给液压缸到达一定位置时，压下行程开关 SQ3，此时电磁铁 1YA、2YA、3YA、4YA、6YA、7YA 通电，纵向进给液压缸右腔进油，回油从调速阀经过，液压缸带动刀具进行纵向切削加工，完成纵工进给动作。

⑤ 横快退。纵向切削加工完成后，进给液压缸压下行程开关 SQ4，1YA、3YA、7YA 断电，使双联泵低压大流量提供液压油，横向液压缸带动刀具快速后退。

表 1-1 电磁铁动作顺序表

工作环境		电磁铁						
		电磁铁通电情况						
		1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA
1	装件夹紧	—	—	—	—	—	+	+
2	横快进	+	—	—	—	—	+	—
3	横工进	+	—	+	—	—	+	+
4	纵工进	+	+	+	+	—	+	+
5	横快退	—	+	—	+	—	+	—
6	纵快退	—	—	—	—	—	+	—
7	卸下工件	—	—	—	—	+	—	+
8	原位停止	—	—	—	—	—	—	—

⑥ 纵快退。横快退完成后，液压缸压下行程开关 SQ5，此时电磁铁 2YA、4YA 断电，使两阀右位接通，纵向进给液压缸左腔进油，带动刀具完成纵向快速后退动作。

⑦ 卸下工件。纵快退动作完成后，液压缸压下行程开关 SQ6，此时电磁铁 5YA、7YA 得电，6YA 断电。使双联泵左侧高压小流量泵提供高压液压油，保证卸下工件动作平稳进行，完成卸下工件动作。

⑧ 原位停止。卸下工件后，活塞杆退回原位，压下行程开关 SQ7，此时所有电磁铁都断电，液压系统恢复原始停止状态。

(2) PLC 控制系统

系统采用三菱 FX2N-32MR 型 PLC。

系统中输入信号由行程开关及按钮产生，其中按钮 SB1 控制系统启动，按钮 SB2 控制系统停止；输出信号主要控制液压回路中的 7 个电磁阀。PLC 硬件具体输入输出分配如表 1-2 所示。

表 1-2 输入输出分配表

工作循环	输入		输出	
	外设名称	输入端子	外设名称	输出端子
启动	SB1	X8	YA1	Y1
停止	SB2	X9	YA2	Y2
横快进	SQ1	X1	YA3	Y3
横工进	SQ2	X2	YA4	Y4
纵工进	SQ3	X3	YA5	Y5
横快退	SQ4	X4	YA6	Y6
纵快退	SQ5	X5	YA7	Y7
卸下工件	SQ6	X6		
原位停止	SQ7	X7		

根据控制要求，PLC 梯形图如图 1-3 所示。

1.1.2 龙门式数控钻床液压-PLC 系统

在钢结构板材钻孔加工中，若用传统的人工装夹、定位、钻孔的普通钻床，则劳动强度大、辅助时间长、生产效率低、产品质量不稳定。而采用商品化的数控系统，由于价格昂贵，对于板材钻孔这种相对简单的加工，不可避免地造成了资源浪费，不能达到大众化使用的要求。PLC 控制的龙门式专用数控钻床及其控制系统，具有柔性强、加工质量稳定、效率高、操作简单、经济实用等特点。

(1) 龙门式数控钻床总体结构

龙门式数控钻床加工的工件属于扁平类钢铁金属，采用立式钻床便于加工。因此，机床总体为立式结构，其主要由床身、工作台、龙门架、液压系统、主轴进给、X 轴定位、Y 轴定位的数控电气系统及润滑系统、排屑与冷却辅助系统等组成。机床结构侧面示意图如图 1-4 所示。

(2) 电气控制系统

电气控制系统主要包括四部分，即上位机组态监控部分、PLC 控制部分、X-Y 轴伺服定位运动控制部分和主轴变频调速器及液压动力钻进给部分。电气控制系统主要硬件连接示意图如图 1-5 所示。加工时，运用 PLC 和伺服控制器对数控钻床运动、定位和钻孔进行实时控制。

① 上位机功能 利用上位机监控软件不仅可以编写定位钻孔的加工文件，而且还可在上位机组态环境下通过对画面的操作实现对 PLC 的数据传输和数控运行状态的监控。

a. 编程功能。可用于手工编写加工程序，操作者只需按格式要求把工件的尺寸及孔位数据输入计算机就能形成加工程序，还能将 CAD/CAM 的 DXF 文件自动转换成加工程序，将 CAD 图形文件拷入上位计算机，计算机可自动生成加工程序和加工图形。

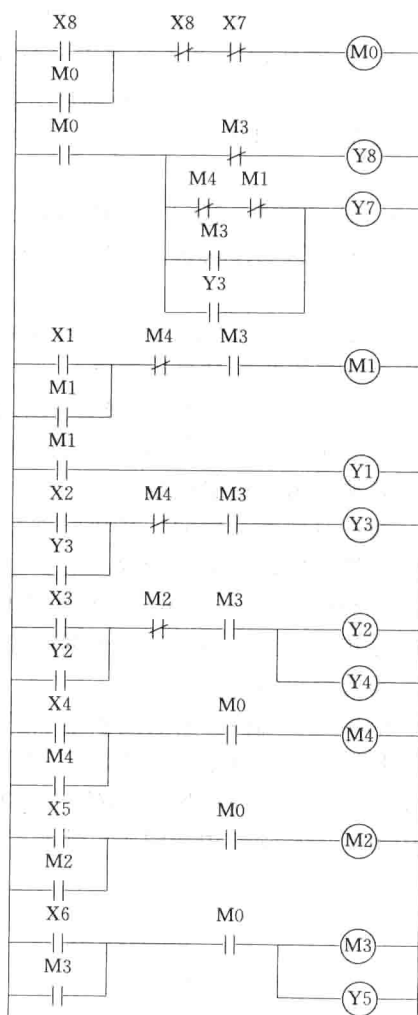


图 1-3 PLC 梯形图

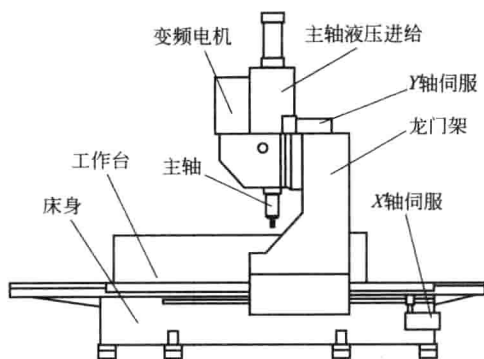


图 1-4 机床结构侧面示意图

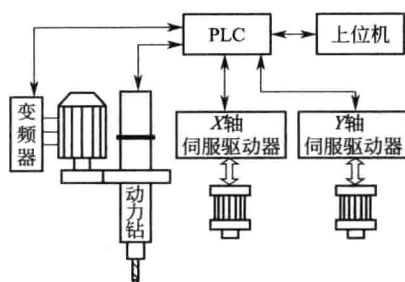


图 1-5 电气控制系统主要硬件连接示意图

b. 数据处理。考虑参考点补偿等因素，将加工程序文件编译运算转换为孔位的数据文件，其中包括孔数、钢板厚度、板材尺寸、孔径、每孔坐标间的相对 X/Y 脉冲数据等，所有数据均采用带符号双整型 16 进制数表示。加工程序文件经编辑后自动传入 PLC 数据区。

c. 显示功能。通过上位机与 PLC 间的 RS232C 串口通信，在上位画面中实时显示 PLC 输入输出点的工作状态，对加工过程中 X/Y 轴行走的位置以及各部分动作和运转情况进行监控。

d. 报警功能。当加工过程出现异常时，在上位机控制画面上出现闪烁，或者由电气控制柜上的报警指示灯显示报警。

② PLC 程序 PLC 是该控制系统的核心，其除了完成该系统要求的 I/O 控制功能外，更重要的是将上位机传输来的数据信息转换为动作指令，以及把决定孔位的脉冲数信息按顺序实时地输出给伺服控制器。

通过对数控钻床的工艺状况进行分析，PLC 的输入点要接来自数控钻床控制柜中完成必要工作的按钮和限位行程开关，分别为 10 个按钮、8 个旋钮和 6 个霍尔传感器，以及其他 11 个输入信息；输出点主要负责伺服 X-Y 轴定位、液压控制系统的电磁阀动作以及变频器的运转等，分别需要对 2 个伺服控制器、7 个电磁阀、8 个指示灯以及润滑冷却排屑等辅助系统进行控制。

根据 PLC 输入/输出点数量以及输出控制形式，确定了机型为性价比高的三菱 FX1N-60MT 可编程控制器，特别是该 PLC 有专门用于伺服控制器的定位功能指令，给程序设计带来了方便，如原点回归 DZRN、相对位置控制 DDRVI、绝对位置控制 DDRVA 等指令。程序中专用指令使用如图 1-6 所示。

— [	DZRN	K20000	K500	X026	Y000	] H
	原点回归速度		爬行速度	X 轴原点开关信号	X 轴脉冲输出	
— [	DDRVI	K999999	D100	Y000	Y004	] H
	输出脉冲 + 向最大值		伺服电机转速	X 轴脉冲输出	X 轴方向符号	
— [	DDRVA	D340Z0	D100	Y000	Y004	] H
	孔坐标 X 绝对位置		伺服电机转速	X 轴脉冲输出	X 轴方向符号	

图 1-6 定位功能指令

工作过程分为手动运行和自动运行两种，自动运行功能工作流程如图 1-7 所示。

4 液压与气动控制 PLC 应用案例

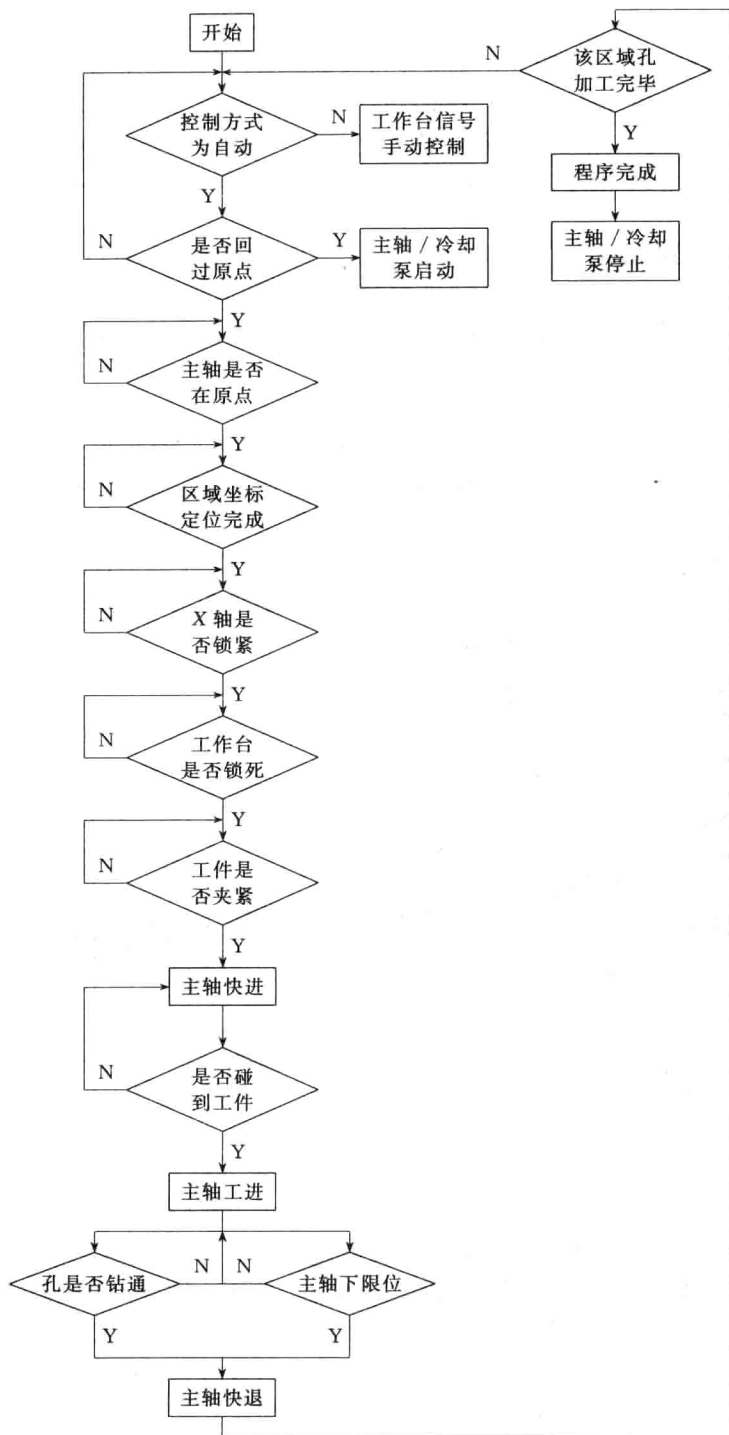


图 1-7 数控钻床自动运行工作流程图

③ 伺服机构 在定位设计中，配备了具有“高性能的实时自动调整增益”功能、可执行多种控制方式的松下 MINAS 系列全数字化交流伺服系统。该系统具有对运转速度的快速响应性，能快速、高分辨率地检测出电机转速；具有高性能的机械适应性，无论对易振动的传送带驱动机械，还是高刚性的丝杠传动机械，以及其他超低振动所导致的不稳定状况都能

得到有效的抑制；具有自行调节性，通过设定系统的最佳参数，实时地对已经安装完成的整个系统的增益参数进行自适应调节，驱动器与电机间通过编码器形成的反馈闭环连接达到自动调整功能。伺服机构的设计克服了丢步或过冲现象，实现了高速高精度定位。

在系统中采用 PLC 作为控制器的位置控制方式，高速脉冲输出对应伺服系统输入所需的脉冲信号。其中，频率决定 X/Y 轴位移速度，脉冲数量决定位移距离，脉冲数值符号决定移动方向。

伺服机构中编码器设置为增量式（2500P/r，分辨率达 10000），在滚珠丝杠的螺距为 10mm、伺服电机与丝杠间采用变比 1:2 的同步齿轮传动带连接的情况下，相应的位移则为 10mm/5000P。考虑机械振动和连接缝隙等因素，相邻两孔的间距误差控制在 $\pm 0.02\text{mm}$ 之内。

(3) 液压系统

① 工件夹紧及 X 轴锁紧 在钻削前，用液压夹钳将工件卡紧在工作台上，借助夹钳的定位面，使工件和机器数控坐标原点联系起来，而且在钻削过程中维持足够的夹紧力。

轴向是整个龙门架的运动方向，当钻削工件时会产生一个向上力作用于龙门架上，由于作用力频繁地施加于丝杠和导轨上容易造成丝杠、导轨的变形。因此，在钻孔工作时，必须使液压缸产生夹紧动作与机床底座紧固物锁紧，以减小丝杠及导轨的受力形变。

工件夹紧及 X 轴锁紧液压系统如图 1-8 所示。

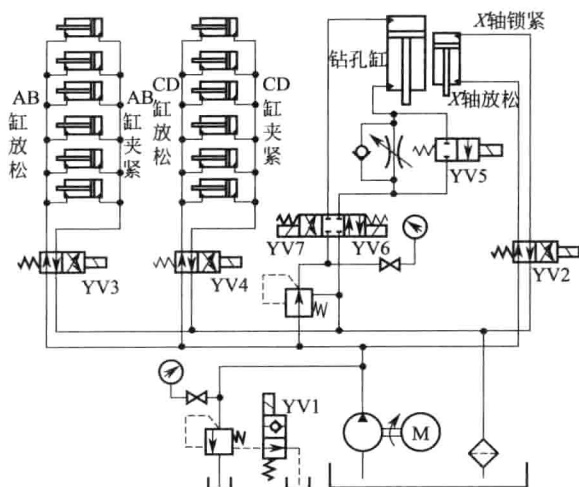


图 1-8 液压系统图

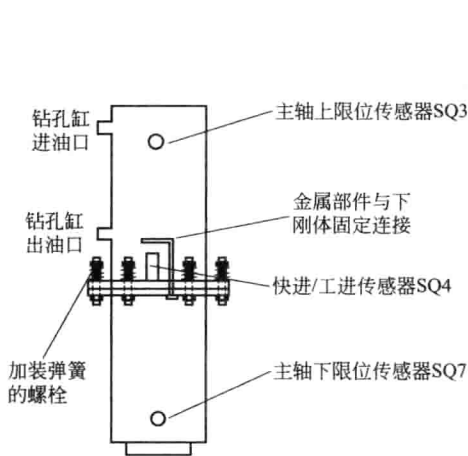


图 1-9 主轴进给缸传感器分布

② 液压自控行程主轴动力钻 主轴为变频调速及液压自控行程钻削动力头。在钻孔过程中，采用变频器控制电机转速，经齿轮减速传动主轴，实现主轴变频无级调速。进给为液压位移式自控行程，实现快进、工进、快退、停止动作且无空程损耗。工作进给速度由液压节流阀调整设定。其中液压系统如图 1-8 所示，液压动力钻行程位置检测传感器分布如图 1-9 所示。

整个进给缸滑套由上下两部分组成，中间用加装弹簧的螺栓固定，滑套上共安装有 3 个霍尔传感器 SQ3、SQ4 和 SQ7。钻孔开始时，电磁阀 YV5、YV6 得电，钻孔缸快速进给，一旦钻头触碰到待加工工件，液压缸内压力便迅速增大，当大于钻孔缸外部弹簧的压力时，其作用力将上半部托起，传感器 SQ4 接近金属部件就会产生信号，PLC 接收到信号后立即发出指令使电磁阀 YV5 失电，此刻在油路上节流阀的单独作用使行程速度减慢，动力头便以工进速度进给执行钻孔。钻透工件的一瞬间，缸内压力突然减小，外部弹簧作用使上半部位置复原，传感器 SQ4 信号消失，同时 PLC 发出指令使电磁阀 YV6 失电、YV7 得电，钻

孔缸快速退回，遇到上限位传感器 SQ3 时电磁阀 YV7 失电，主轴移动停止并等待下一钻孔命令。

(4) 小结

对于金属板材钻孔批量加工工序，数控钻床一方面可以克服人工加工时质量不稳定和辅助时间长等问题，另一方面可以降低成本，减少资源浪费。该数控钻床是一种机电液联合作用的产品，实现了加工过程的全部自动控制，大大提高了加工精度和生产效率。

1.1.3 PLC 在液压中频淬火机床中的应用

自动中频淬火机床是轧辊热处理加工的关键工装设备，该设备采用立柱式结构，低速大扭矩液压马达-丝杠驱动工件上下运行与旋转，无级调速、加热均匀；三段式预热，炉内温度一致；中频感应线圈加热，温度控制精准；特殊顶针大大提高了可靠性。该设备采用 PLC 控制，抗干扰能力强，系统安装、调试工作量小，具有故障判断和记录功能，降低了判断故障难度，减少了故障处理时间。特别是系统采用闭环过程控制，提高了设备性能。

(1) 总体状况

① 工艺概述 中频淬火机床主要由机械部分、液压系统、电气系统和冷却系统组成。其工艺流程如下。

a. 首先通过人工辅助将工件装在淬火机床下顶尖处，将工件牢固装卡；然后按下液压启动和工件上升按钮，启动工件提升机构将工件快速上升送至工件预热炉内预热。

b. 待工件加热至设定温度并保温 2.5h 后，再按液压启动工件、水泵启动、工件旋转、工件下降等按钮，将加热后的工件慢慢下降至中频感应加热器中，在碰上加热上限位开关后停止并发出警示声响，此时合上淬火励磁电源，中频加热电源开关，按中频启动按钮，中频电源切换至本机床进行加热。

c. 当加热温度上升到设定温度时，工件重新开始下降，同时旋转机构使工件慢速旋转，此时淬火冷却喷水环喷出的冷水对工件进行淬火，直至工件碰上加热中限位开关后，淬火线机的输出功率下降后进行低温保温 1min，断开淬火励磁电源，中频加热电源开关，按中频停止按钮，将中频电源与本机床断开，全部淬火完成。

d. 工件继续下降到下限位自动停止，待工件冷却 4min 后卸下送至下一个工部加工。

操作顺序见图 1-10。

② 控制要求 中频淬火机床可实现如下功能：控制三段电阻式加热炉对轧辊进行恒温控制；控制中频发电机的输出功率，对轧辊进行恒温加热；控制液压马达升降和旋转；控制水泵开启；记录各种过程工艺参数；对各种故障进行监控和报警。

③ 控制系统构成与配置 按工艺要求，系统采用工控机作为上位机，完成参数设定、远程控制、状态监测等功能；采用 PLC 作为下位机，完成数据处理、设备控制等功能。上

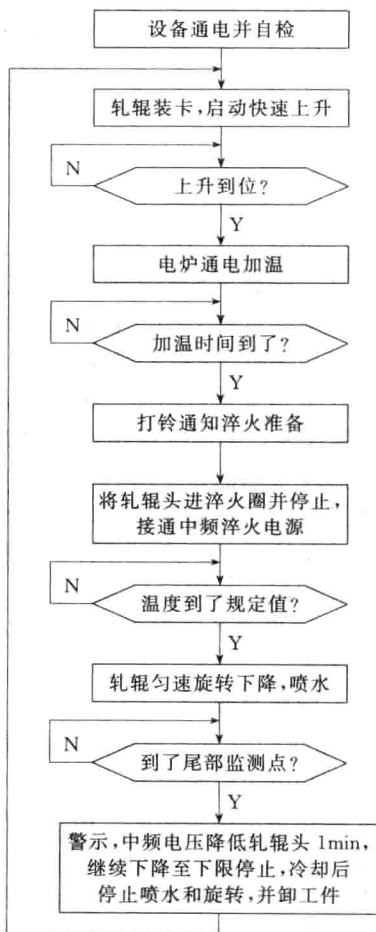


图 1-10 自动中频淬火机床工艺流程图

上位机与下位机间通过 PPI 电缆进行通信。系统构成与配置如图 1-11 所示。

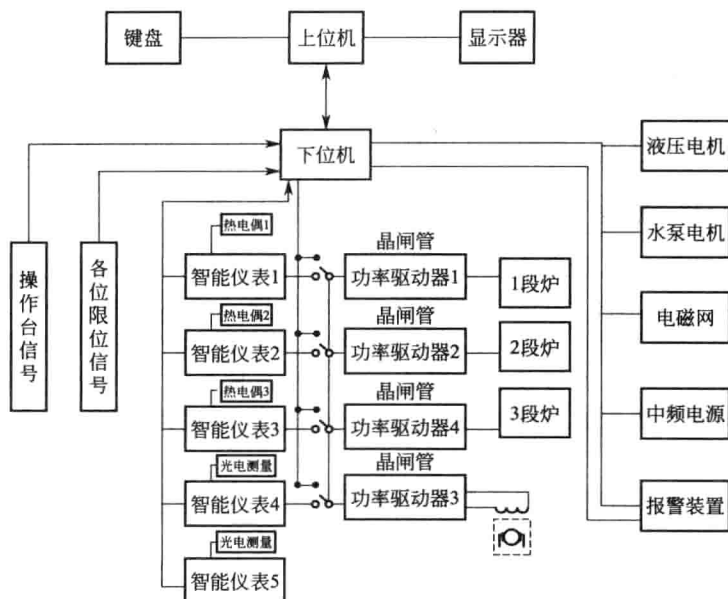


图 1-11 自动中频淬火机床控制系统框图

下位机采用西门子 200 系列 PLC，该系列 PLC 运行速度快、模块扩展能力强、体积小、性价比高、能满足系统各项要求。CPU 是 CPU266，自带 24 个输入点，14 个输出点，可扩展 7 个模块，具有 PID 功能，具有 PPI 通信协议、MPI 通信协议和自由方式通信能力；扩展模块采用 EM233 数字混合模块、EM231 模拟输入模块和 EM232 模拟输出模块。

工控机均采用台湾研华生产的主板和板卡产品；炉温测量仪表采用的是香港华润公司的 WP 系列仪表，监测三段预热炉的温度，功率控制单元采用的是单相交流晶闸管进行控制；光电测温仪采用的是上海自动化仪表公司的产品，监测轧辊淬火前实际温度和控制淬火温度；中频发电机励磁系统采用的是单相全波整流晶闸管控制。

监控系统采用组态王软件，融整个机床的过程控制设计、现场操作于一体，实现参数设定、远程控制、故障记录等功能。

PLC 编程软件采用 Step7-Micro/Win32 软件，具有编程简单、开发周期短、现场调试方便等优点。

(2) 控制过程

① 预热炉恒温控制和轧辊中频淬火温度控制 该系统主要控制关键在预热炉恒温控制和轧辊中频淬火温度控制。

轧辊在炉膛中预热时，由于炉膛成竖立管状，热量由下往上被抽走，容易导致炉内下部温度低，上部温度高。为了保证整个轧辊各部分温度恒定，采用了三段加热，热电偶测轧辊各段温度，PID 闭环控制，通过单相交流晶闸管控制三段电阻式加热器的输出功率，保证炉温在恒定值，且各段之间炉温相等。轧辊预热温度接近 600℃，保温时间约 150min。

在感应加热过程中，金属的磁导率、电阻率等特性会随金属温度变化而变化，但是要保证被加热金属的温度恒定，就必须调整热功率输出。为了保证轧辊表面加热温度一定，淬火温度控制通过光温度测量传感器适时测量轧辊表面温度，可以将实测温度值与设定值偏差输入 PID 闭环控制器，通过调节励磁发电机的励磁电流控制电机输出功率。淬火温度一般控制在 900~1400℃ 范围，其控制原理如图 1-12 所示。

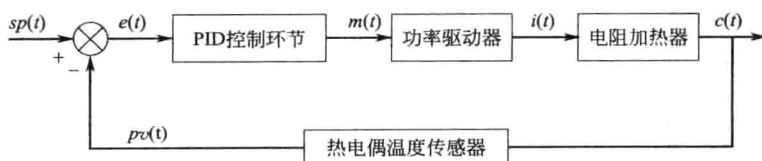


图 1-12 预热炉温度 PID 控制框图

图 1-12 中, $sp(t)$ 为温度设定值; $pv(t)$ 为热电偶温度传感器测试的轧辊实际温度值; $e(t)$ 为设定值与实际值之间的偏差值。作为 PID 控制环节的输入信号, 当偏差大于 0 (即温度过低) 则发热功率增加, 当偏差小于 0 (温度过高) 则发热功率减小。

模拟量 PID 控制器的输出表达式为

$$m(t) = K_P \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] + m$$

式中, $m(t)$ 为控制环节输出信号; K_P 为比例系数; T_I 为积分时间常数; T_D 为微分时间常数; m 为积分部分的初始值。

要实现 PLC 处理, 必须将模拟量离散化, 离散后的表达式为

$$m(n) = K_C [sp(n) - pv(n)] + \frac{K_C T_S}{T_I} [sp(n) - pv(n)] + MX + \frac{K_C T_D}{T_S} \{ [sp(n) - pv(n)] - [sp(n-1) - pv(n-1)] \} + m$$

式中, $m(n)$ 为第 n 次运算后输出信号; K_C 为比例项增益; T_S 为采样周期; MX 为第 n 次采样前所有积分和。

在调试时, 采用工程中广泛使用的扩充响应曲线法, 求得滞后时间 t 、上升时间常数 t_1 , 然后根据扩充响应曲线法参数整定表, 采用不同控制度下的参数进行控制, 比较控制效果, 选取效果好的一组参数作为初始设定值。在初始设定值的基础上, 进行调试, 取得了理想的控制效果。

② 液压系统的控制 在该机床中, 液压系统也是其重要组成部分之一, 负责轧辊的升降与旋转运动。

当在操作画面上点击“液压启动”图标时, 继电器控制电机交流接触器就会接通, 电机开始工作, 5s 后, 电磁溢流阀得电, 系统升压。

点击“工件上升”或“工件下降”图标时, 升降电磁换向阀左位 (右位) 得电, 控制工件升降的双向马达顺时针 (逆时针) 转动, 通过丝杠带动轧辊上升 (下降), 当上升到指定位置, 点击“上升停止”图标, 或下降到限位开关位置, 升降电磁换向阀断电。

当在操作画面上点击“工件旋转”图标, 旋转电磁换向阀左位 (右位) 得电, 控制工件旋转的双向马达顺时针 (或逆时针) 旋转, 单击“旋转停止”图标后, 旋转电磁换向阀断电, 单击“液压停止”图标后, 电磁溢流阀断电, 系统卸荷, 电机交流接触器断开, 电机停机。

该控制过程都是通过 PLC 开关量输出点, 配合 24V DC 线圈的继电器来完成。

在液压系统中, 液位设有极低、较低、高液位三个点, 过滤器带有压差发信器, 温度继电器设有温度低于 10℃ 和 60℃ 两个定值, 这些信号接入 PLC 的开关量输入点时, 当相关信号接通时, 在操作台画面上会有相关故障提示, 并控制相关继电器状态改变。

1.1.4 轴类零件校直机液压-PLC 系统

在轴类零件的前期加工和后续热处理过程中, 不可避免地会出现弯曲变形, 如果不及时

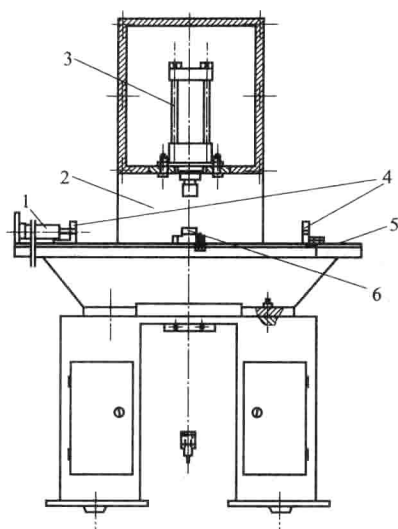


图 1-13 轴类零件校直机的基本结构

- 1—V 形支撑块间距调整液压缸；2—背梁；
3—校直液压缸；4—V 形支撑块；
5—工作台；6—压力传感器

进行校直处理会直接影响工件的后序加工或使用，甚至可能会出现相当数量的废品。轴类零件校直机正是用于克服这种不良影响。机械加工对零件加工用料、工艺衔接及零部件质量要求越来越高，校直机成为轴类工件热处理后不可缺少的关键设备。

(1) 校直机的结构和工作步骤

校直机是单悬臂式，主要由机架、工作台、两个 V 形支撑块、压力传感器、校直液压缸，以及用于调整 V 形块间距的液压缸组成，其基本结构如图 1-13 所示。其中，两个 V 形支撑块之间通过工作台内部的联动机构实现同步对中；压力传感器安装底座的高度可以根据校直零件的直径进行调整。该校直机的工作方式是由液压系统提供动力，通过校直液压缸带动压头下压，对轴类零件的弯曲部位进行校直；通过压力传感器监测下压程度，避免反向弯曲。

一次校直循环工作步骤如下：

① 根据工件的长度和弯曲的位置，通过液压缸和同步机构调整两个 V 形支撑块的间距；

② 将工件的原始弯曲部位支承在工作台的两个 V

形块之间，使工件最弯部位处于压头下方；

③ 压头在校直液压缸的带动下，对准最弯部位进行反向压弯；

④ 当压弯量与工件弹复量相等时，由压力传感器发信号，液压缸带动压头撤回，工件的弯曲部位变直；

⑤ 校直工序完成后将工件取出。

(2) 校直机液压系统及其工作原理

① 液压系统的组成 校直机液压系统如图 1-14 所示。从节省成本考虑，采用定量叶片泵供油。系统的主要回路有调速回路、保压回路、减压回路和卸荷回路。卸荷阀 10 在泵启动和更换工件时起到卸荷作用，以减少能量损失，提高泵的使用寿命，在泵正常工作时也可以起到安全保护作用。

② 液压系统的工作原理 液压系统启动后，按下工作按钮，卸荷阀 10 的电磁铁 YA5 得电，液压泵 11 处于工作状态。如需要调整 V 形支撑块间距，则按下“缩小”或“加大”按钮，分别使三位四通电磁换向阀 3 的电磁铁 YA4 或 YA3 得电，液压缸 5 推动或拉动左侧 V 形支撑块移动，左右两个 V 形支撑块通过底部的同步移动机构联系，可以使两个 V 形支撑块间距以对中的方式缩小或加大。间距满足要求后，按下停止按钮，使电磁铁 YA4 或 YA3 断电，换向阀 3 回到中位，O 型中位使 V 形块定位，为校直工作做好准备。

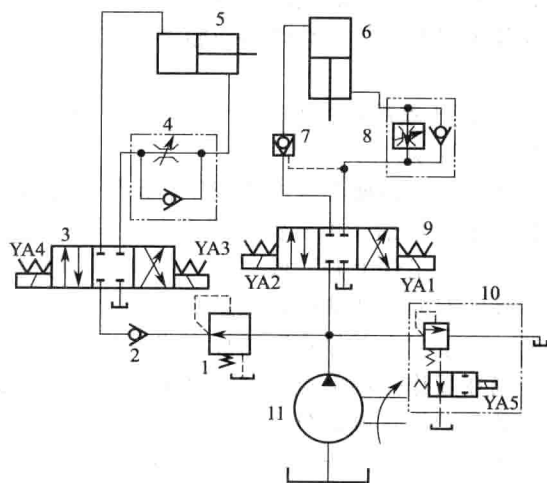


图 1-14 液压系统原理图

- 1—减压阀；2—单向阀；3,9—三位四通电磁换向阀；
4—单向节流阀；5—间距调整液压缸；6—校直液压缸；
7—液控单向阀；8—单向调速阀；10—卸荷阀；11—液压泵