

# PLC 在电气熔解保温炉恒温控制中的应用

杨六顺

(泰州职业技术学院 机电工程系, 江苏 泰州 225300)

**摘要:** 铸铝电机转子生产过程采用的电气溶解保温炉,其溶铝温度是保证产品质量和工效的关键之一<sup>[1]</sup>。长期以来只简单采用全通和全断的控制方式控制电热丝加热,温度不能精确控制,工人劳动强度高,更难以满足现代生产的要求。本文就此介绍了采用 PLC 控制,实现电热丝全通、间断导通和全断加热的自适应控制方式的设计和工作原理,可将恒温精度控制在  $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

**关键词:** 电气溶解保温炉; PLC; 恒温控制

中图分类号: TP273.5 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2004)08-0032-03

## Application of PLC in Temperature Control of the Electric Liqueate Thermo - insulated Furnace

YANG Liu - shun

(Mechanical and Electronic Dept. Taizhou Polytechnical Institute, Taizhou 225300, China)

**Abstract:** The liquated aluminum's temperature of the electric liqueate thermo - insulated furnace used in the machinery manufacture of micro - electrical rotor is the key to ensure the quality of production and working efficiency. The traditional on - off control can't meet the requirement of modern micro - electrical machinery manufacture. This paper presents a new design of PLC control. The control modes used are full on, full off and periodically on - off. The temperature of the furnace can be controlled within  $1^\circ\text{C}$ .

**Key words:** Electric liqueate thermo - insulated furnace; PLC; Temperature control

### 1 引言

根据铸铝电机转子生产过程中的熔铝工艺要求,铝熔液温度应控制在  $760^\circ\text{C}$  左右,此时熔炉内腔温度约为  $850^\circ\text{C}$  左右,而电热体温度约为  $900^\circ\text{C}$  左右,铝熔炉功率为 40 千瓦。添减料时的辐射和对流、熔炉壳体表面的散热等热损失使熔铝温度难以准确控制<sup>[2]</sup>。

熔铝炉属于大功率温度控制,传统的控制方式是采用全通、全断的简单控制,难以保证温度控制的恒温精度。新设计采用由 PLC 控制、可控硅供电、三相电热负载星形连接的自适应恒温控制电路。该电路采用智能型热电偶温度表输出的温差电压  $V_t$  作为温差信号,当炉温  $T$  远低于设定温度  $T_0$  时,PLC 输出全通电平,三相可控硅全通,快速满功率加热。当温差  $\Delta T = T_0 - T$  逐渐减小时,误差电压  $V_t$  逐渐下降,PLC 输出间断电平,可控硅间断导通。随着  $V_t$  的下降,间断控制电平的占空比也下降,可控硅平均导电电流减小,使加热电功率逐步减小,减缓加热速

度,以便于温度的精确控制。当  $\Delta T = T_0 - T < 2^\circ\text{C}$ ,温差进一步减小, $V_t$  低于最低温差电压或炉温  $T$  上升过快时,PLC 输出关断电平,可控硅关断,电炉电功率为零。进入恒温阶段,即  $T_0 = T$  或  $T_0 - T < \pm 1^\circ\text{C}$  时,智能温度表输出相对稳定的误差电压  $V_t$ ,PLC 输出相对稳定的间断控制电平,可控硅间断导通,使电炉平均电功率与热损耗达到平衡,维持炉温恒定。电炉加料或出料会使炉温降低或升高,这时候  $V_t$  会自动升高或降低。PLC 根据  $V_t$  数值的变化进行计算,输出占空比升高或降低的间断控制电平,使可控硅平均导电电流增大或减小,增加或减小电功率以适应炉温的波动。可见自适应恒温控制是以改变占空比的控制电平来适应炉温可能出现的变化,并且以调节加热速度的方式补充或减少供电生热的功率进行恒温控制。

### 2 电气控制系统设计

#### 2.1 控制系统的构成和工作原理

根据控制要求,智能型热电偶温度表将置于铝溶液中热电偶的传感信号,与由恒温温度设定的给定电压比较,构成闭环系

统,生成温差电压  $V_i$ <sup>[3]</sup>。PLC 自适应恒温控制电路根据  $V_i$  的大小经过计算后输出全通、间断导通和全断的自适应恒温控制电平,并将此占空比可调的控制电平经输出隔离电路去控制可控

硅门极的通断,实现自适应恒温控制。若温升过快,PLC 也将输出关断电平。输出和隔离电路将 PLC 输出的控制电平信号转换为与可控硅电路相匹配的输入信号<sup>[4]</sup>。电路构成如图 1 所示。

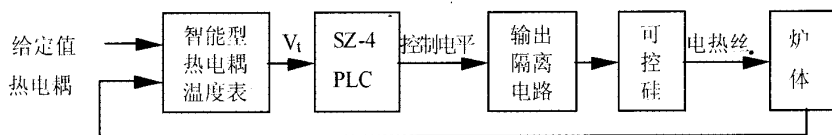


图 1 控制系统构成图

PLC 采用具有较强逻辑和数值运算功能的 SZ-4 型,选 5 槽框架 Z-05B,槽号 0~4,其存储器容量为 2048(语句)、扫描速度约 6ms,数据指令处理速度为 21 $\mu$ s。选用 8 点 DC12/24V、Z-8ND1 输入模块一个,8 点集电极开路 Z-8TD1 输出模块一个<sup>[5]</sup>,Z-4AD 模拟量输入模块一个,该模块 A/D 转换时间 0.1ms,能满足控制的速度要求,输入设定取 X8、X9,电压输入方式,对应输入电压范围为 0~10V,16 进制数范围 0~FFF。占用 I0、I1 输入通道,计 16 点<sup>[6]</sup>。

### 2.2 控制系统的软件设计

智能型热电偶温度表将热电偶传感信号和温度设定值信号比较后输出误差电压  $V_i$ ,此信号经模拟量输入模块由 I0、I1 通道输入 PLC,PLC 间隔 5 秒对  $V_i$  数值取样一次,并与预存于 PLC 数据寄存器 R40600 和 R40601<sup>[7]</sup>中的门限电平  $V_d$ 、 $V_g$  ( $V_i$  的变化范围是  $V_d \sim V_g$ ,且  $V_d < V_g$ ) 进行比较。若  $V_i < V_d$ ,PLC 输出关断电平(低电平),使三相可控硅关断,电热丝输出零功率;若  $V_i > V_g$ ,PLC 输出全通电平(高电平),使三相可控硅全通,电热丝满功率加热;若  $V_d < V_i < V_g$ ,根据占空比数值的大小,PLC 经过程序运算,输出相应占空比的间断控制电平,使三相可控硅间断导通,电热丝间断加热。间断电平的占空比计算,可由公式:  $k = \frac{V_i - V_d}{V_g - V_d}$  进行线性计算,这种计算方法会影响低温时的加热时间。也可采用非线性计算,现使用的计算公式为:  $K = \frac{\sqrt{V_i} - \sqrt{V_d}}{\sqrt{V_g} - \sqrt{V_d}}$ ,经测试比较,该计算方法提高了低温时的加热速度,运行效果较好。此外,以 5 秒时间间隔对  $V_i$  进行取样判断,当温升过快,即:  $V_i - V_{i-5} > V_m$  ( $V_m$  为 5 秒内允许的最大温升所对应的  $V_i$  数值,也预存于 PLC 数据寄存器 R40602 中)时也输出关断电平,使三相电热丝停止加热。

目前现场使用的自适应恒温控制系统已安装于 40KW 熔铝炉的配电柜内。热电偶智能温度控制表在不超过 600 $\Omega$  负载条件下输出 420mA 电流误差信号。转换为误差电压  $V_i$  时约为 2.4~12V<sup>[8]</sup>。考虑在初始加热和接近恒温时的加热速度要求不同,程序中采用非线性计算方法,取  $V_d = 2.8V$ , $V_g = 10V$ 。温控板在  $V_i < 2.8V$  时输出关断电平。 $V_i > 2.8V$  时,开始根据计算的占空比输出间断控制电平,至 10V 时输出恒高全通电平。2.8V~10V 之间输出间断控制电平。经反复测试,间断控制电平的周期取

1000ms 时,控制系统能较稳定地工作。实测恒温时  $V_i$  变化范围为 5.5V~8.5V。测试详细数据见表 1。

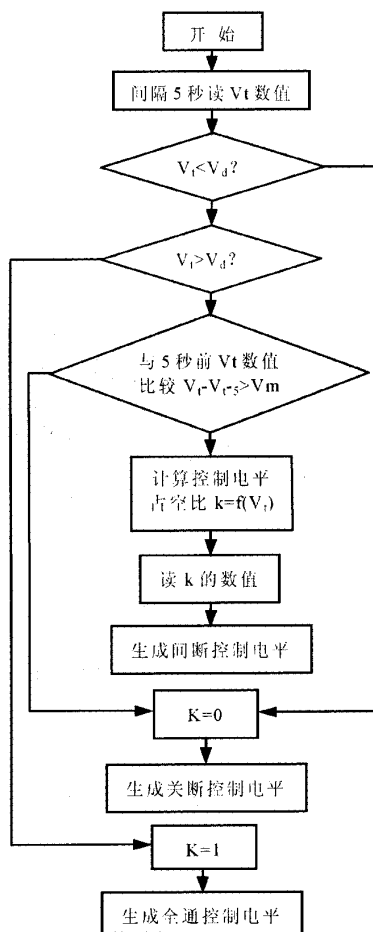


图 2 控制程序流程图

表 1 控制电路实测数据

误差电压 $V_i$ (V)	间断电平								全通	
	关断	<2.8	3	4	5.5	6	7.2	8.5		9.5
电平周期 T(ms)	1000									
导通脉宽 (ms)	0	39	222	448	521	678	834	946	1000	
间断电平占空比	0	0.04	0.22	0.45	0.52	0.68	0.83	0.95	1	

(下转第 31 页)

## 6 程序设计(图 2)

根据 X62W 的工作原理及工艺流程,进行控制系统程序设计。

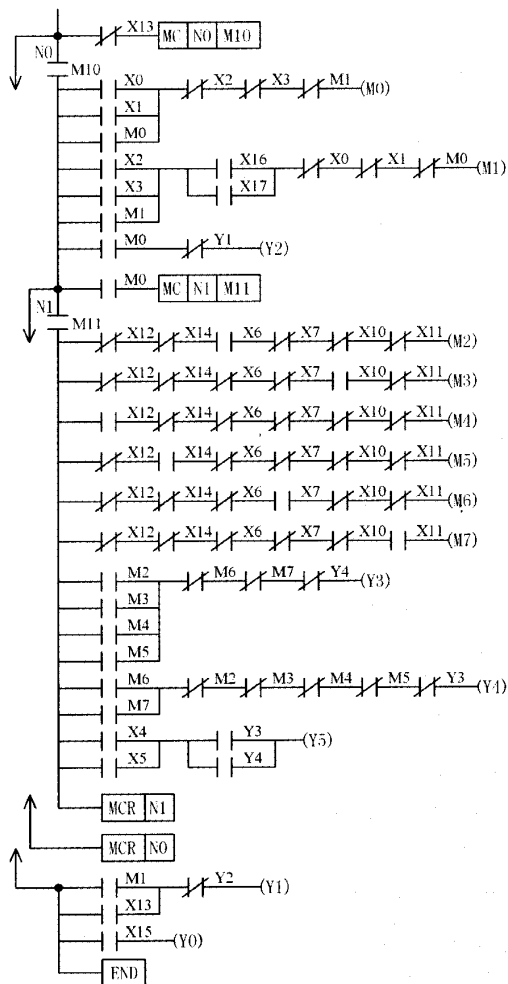


图 2 X62W 铣床 PLC 控制梯形图

(上接第 33 页)

## 3 结束语

本熔铝炉结构简单、成本低,炉体重量轻、炉壳表面温度低、热效率高,工人劳动条件好的优点。电气控制系统中,将热电偶传感信号反馈到输入端,与智能型热电偶温度表的温度设定值信号比较后输出误差电压  $V_t$ ,构成闭环控制系统进行计算和恒温控制。电路采用了部分进口电器元件,电气柜上设有数显和信号灯,炉温调控方便可靠、精度高、操作安全。在本市微电机制造公司投产后,不仅有效地提高了电机转子的铸铝质量,改善了工人的劳动环境,同时也为该公司带来了可观的经济效益。

## 7 改造时需注意的几个问题

- (1)用辅助继电器以简化控制电路。
- (2)应根据 X62W 的控制原理进行总体程序设计,在控制电路中应注意自锁和互锁控制。
- (3)SQ7(常闭)为软继电器的工作条件,只有这一条件满足时,机床控制才有效,所以在程序设计时用了一主控指令。
- (4)应注意主轴运动与进给运动的顺序联锁控制,故在程序中又用了一主控指令,以保证在主轴电机 M1 启动后才可启动进给电机 M2。
- (5)应注意长工作台六个进给方向的联锁控制,铣床工作时,只允许一个进给方向运动,故除了操作手柄自身的机械联锁外,在程序设计时还需用软继电器加电气联锁控制;圆工作台与长工作台之间也需用软继电器加联锁控制。
- (6)应给 PLC 工作电源加外部启动、停止按钮。

## 8 结束语

X62W 铣床原继电器控制电路经 PLC 控制改造后,降低了设备运行的故障率,提高了设备运行的稳定性和使用率,减轻了操作人员维修劳动强度。改造后设备经过长期运行,结果表明效果非常良好,收到了较好的经济效益和社会效益。

## 9 参考文献:

- [1] 邓则名,邝穗芳. 电器与可编程控制器应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,1997
- [2] 方承远. 工厂电气控制技术[M]. 北京:机械工业出版社,2000
- [3] 张万忠. 可编程控制器应用技术[M]. 北京:化学工业出版社出版,2001
- [4] 李秀忠,冯安平. PLC 改造 T68 镗床电气控制电路[J]. 机电产品开发与创新,2003(6):77-78

作者简介:李秀忠(1970-),男,四川人,讲师,广东工业大学在读硕士,研究方向:自动控制及机械电子技术。

## 4 参考文献:

- [1] 铸造工程师手册编写组. 铸造工程师手册[M]. 北京:机械工业出版社,1997
- [2] 北京荣兴达自动化测控技术有限公司. REX-F9 智能温度表使用说明书[Z]
- [3] 乔静宇. 新编电气工程师实用手册[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997
- [4] 刘孝增. 热处理炉及车间设备[M]. 北京:机械工业出版社,1985
- [5] 华光电子工业有限公司. SZ/SH 系列编程手册[Z]
- [6] 吕国泰. 电子技术[M]. 北京:高等教育出版社,1993

作者简介:杨六顺(1961-),男,汉,江苏泰州人,讲师,主要从事机械制造和机电控制的教学和研究工作。