箱式工业炉数字化改造研究与设计

■ 豫西集团河南江河机械有限责任公司 （平顶山 467337） 卢祥胜 赵庆辉 陈全明 金华良

摘要：本文主要对箱式工业炉数字化改造与设计的方法进行介绍。数字化改造与设计后的箱式工业炉电控系统为手动与自动两种控制方式，两种控制方式可互换。数字化改造与设计后的箱式工业炉可以彻底解决产品热处理温度不均匀的问题，可以实现热处理智能化控制，使产品的废品率和热处理成本降低，生产效率大幅提高，热处理工作更加方便、可靠。这样可以满足自动化控制要求，真正实现工业炉的高效安全运转，使生产效率和班产大幅提高，可节省大量的能源。

箱式工业炉在工业生产中比较常见，用途比较广泛，主要用于有色金属的淬火、正火及退火等热处理工作，具有效率高、易控制和结构简单等特点，根据需处理产品的材质不同选用不同型号与用途的工业炉。箱式工业炉的原理是根据实际炉温与设定温度的偏差，能够实现自动接通或断开供给炉子的热源能量，从而实现连续改变热源能量的大小，使炉温稳定在设定的温度偏差值范围内，以满足热处理工艺的需要。我单位所采用箱式工业炉产于20世纪70年代，长、宽、高分别为9m、3m、4m，属于大规格箱式工业炉，主要用于有色金属铜及铜合金管棒材的热处理作业，年处理量达3 000t。原控制方式设计为手动控制，由于设计缺陷，热处理控温效果不好。在对产品进行热处理时，炉内温度无法根据需求进行调节，热处理效果达不到预期，该原因导致很多产品因物理性能达不到要求而报废，且炉子能耗居高不下，使产品热处理的生产成本大量增加，不符合现代绿色环保制造的要求。经研究论证后决定采用现代控制技术对该箱式炉进行数字化改造。

1. 原理与构成

箱式工业炉主要由炉体和电控系统组成。炉体主要由炉壳、炉衬、炉门、活动式炉底台车和环保型新材料加热器组成。其中，炉衬采用具有保温效果好的环保、热惯性小的新型耐火砖砌制；加热器设计为新型高传导型电阻丝；炉底台车采用绕线并进式控制系统进行控制，有效避免了链式传动结构造成的供电线路经常损坏、接触不好的问题。

对于数字化设计与改造后的工业炉，其电控系统设计为手动与自动控制两种方式。手动控制采用按钮与温度控制仪表组合的方式；自动控制方式采用触摸屏与可编程控制器等数字化装置相结合的方式，两种控制方式可以互换。为了彻底解决工业炉内部热处理温度不均匀的问题，数字化改造后的工业炉内部设计增加3台热交换特种耐热风机，均匀分布在炉体上部。在热处理工作过程中，需要温度均匀化处理时，先由数字化仪器根据实际检测的炉内温度进行运算、比较后，输出程序控制其接通与断开，负责工业炉内部温度的调节，保证炉膛内各区温度均匀分布，从而满足热处理要求。为了提高热交换特种耐热风机的使用寿命和工作效率，三组热交换风机均采用水冷式电动机进行驱动。手动控制方式设计为微电路控制固态继电器，由固态继电器控制各区主接触器进而实现加热功能。自动控制方式设计为触摸屏与可编程控制器控制方式，由触摸屏收集并发出控制指令，启动可编程控制器内部所编制专用程序，控制继电器-接触器系统实现箱式工业炉的热处理功能。

炉内热处理区分为6个区，即1区为炉门区、2区为炉后区、3区为炉顶区、4区为炉左侧区、5区为炉右侧区、6区为炉底区，每个区的温度由6组K型热电偶进行检测，每个区的加热器均接为星形，每个加热区主接触器下端均

安装一个热继电器，在加热器发生短路故障时可以有效切断加热系统。热处理控制系统电路如图1所示。

2. 手动工作方式

在此种工作方式下，将工作方式切换开关SB14旋转至手动方式，接触器KM7合，通过按钮SB1、SB2启停1区加热系统；按钮SB3、SB4启停2区加热系统；按钮SB5、SB6启停3区加热系统；按钮SB7、SB8启停4区加热系统；按钮SB9、SB10启停5区加热系统；按钮SB11、SB12启停6区加热系统；每个区热处理工作都是通过温控表设定热处理温度后，由温控表输出一个直流控制信号给固态继电器（SSR），使其导通，从而接通主接触器实现各区加热工作。各区热处理实际温度由各区热电偶进行检测，检测到的实际温度值反馈给温控表后，由温控表对实际温度与设定温度进行比较，输出控制信号给所控制区的固态继电器，由继电器完成该区接触器的通断控制，从而完成热处理工作。

3.自动工作方式

在此种工作方式下，将工作方式切换开关SB14旋转至自动方式，接触器KM16接通，通过与可编程控制器（PLC）相连接的触摸屏上编制的按钮进行热处理操作。各区温度值由温控表进行设定后，各区热电偶完成实际温度检测后，数值传给温控表，由温控表完成温度比较，当温度达到设定温度后输出一个数字信号给可编程控制器，由可编程控制器完成信号收集，当6个区的热处理温度到达设定值不一致时，由可编程控制器里面的程序完成比较后，输出热交换风机控制信号，启动热交换风机使各区温度保持一致，从而实现热处理材料

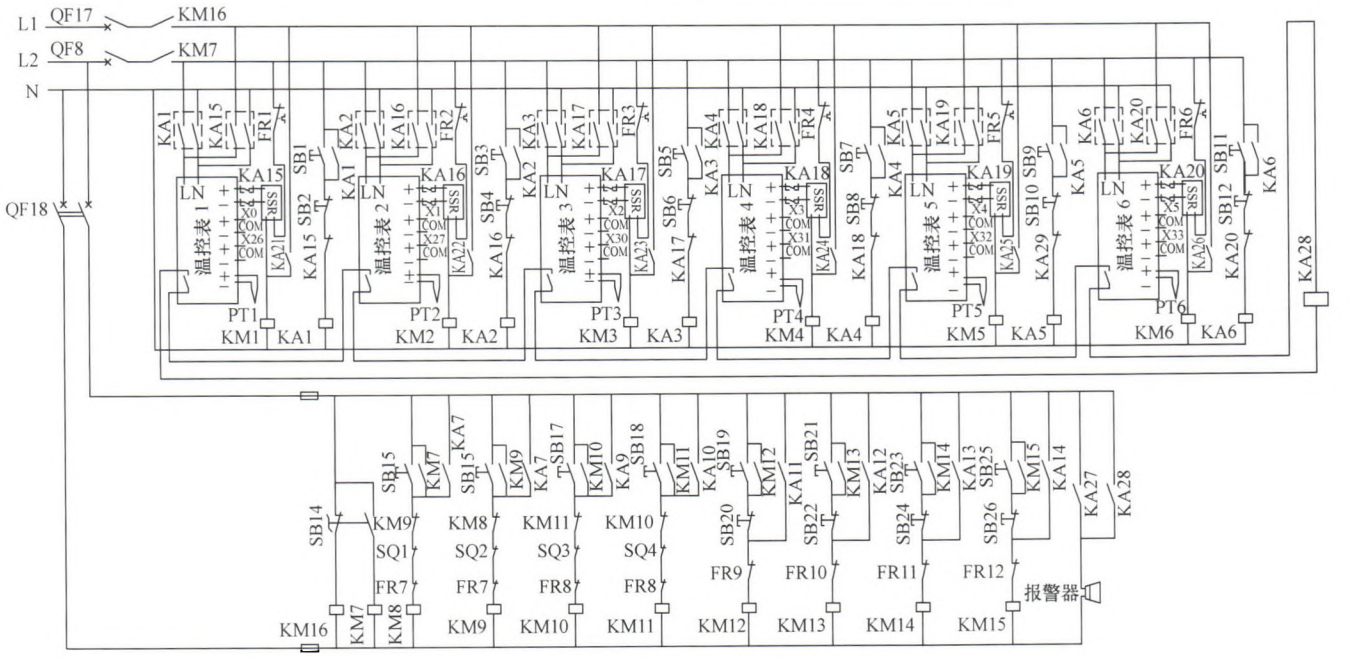


图1　控制系统电路图

物理性能一致性。保温时间由程序完成，热处理工作完成后由可编程控制器发出断电控制信号，将加热器断开后，开始报警。自动控制电路如图2所示，I/O分配如附表所示，程序如图3所示。

4. 结语

箱式工业炉数字化设计与改造工作完成后，实现了手动与

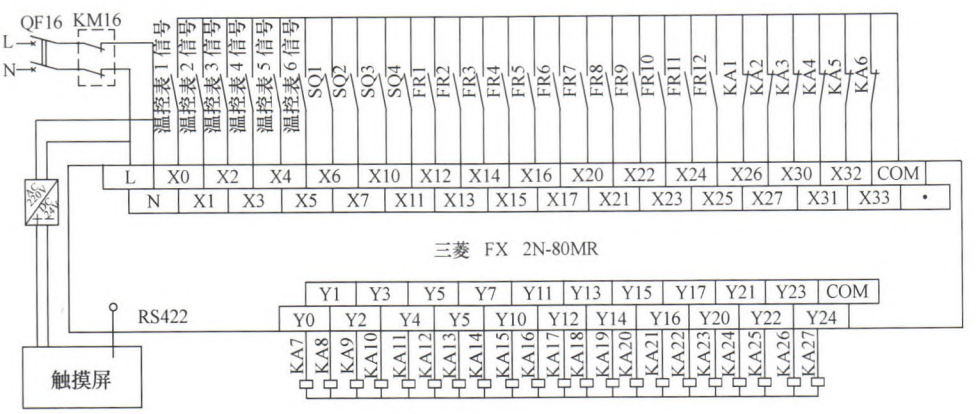


图2　自动控制电路

I/O分配表

I	内 容	I	内 容	O	内 容	O	内 容
X0	温控表1信号	X23	风机2热继电器	Y0	炉门升	Y23	6区加热器工作
X1	温控表2信号	X24	风机3热继电器	Y1	炉门降	Y24	热处理完成警报
X2	温控表3信号	X25	冷却电动机热继电器	Y2	台车进	—	—
X3	温控表4信号	X26	1区保温时间到	Y3	台车出	—	—
X4	温控表5信号	X27	2区保温时间到	Y4	风机1启动	—	—
X5	温控表6信号	X30	3区保温时间到	Y5	风机2启动	—	—
X6	炉门上限位	X31	4区保温时间到	Y6	风机3启动	—	—
X7	炉门下限位	X32	5区保温时间到	Y7	冷却启动	—	—
X10	台车进限位	X33	6区保温时间到	Y10	1区加热接通	—	—
X11	台车出限位	X34	冷却风机开	Y11	2区加热接通	—	—
X12	1区炉丝热继电器	X35	冷却风机关	Y12	3区加热接通	—	—
X13	2区炉丝热继电器	X36	警报解除	Y13	4区加热接通	—	—
X14	3区炉丝热继电器	X37	1区温度低于设定值	Y14	5区加热接通	—	—
X15	4区炉丝热继电器	X40	2区温度低于设定值	Y15	6区加热接通	—	—
X16	5区炉丝热继电器	X41	3区温度低于设定值	Y16	1区加热器工作	—	—
X17	6区炉丝热继电器	X42	4区温度低于设定值	Y17	2区加热器工作	—	—
X20	炉门热继电器	X43	5区温度低于设定值	Y20	3区加热器工作	—	—
X21	台车热继电器	X44	6区温度低于设定值	Y21	4区加热器工作	—	—
X22	风机1热继电器	—	—	Y22	5区加热器工作	—	—

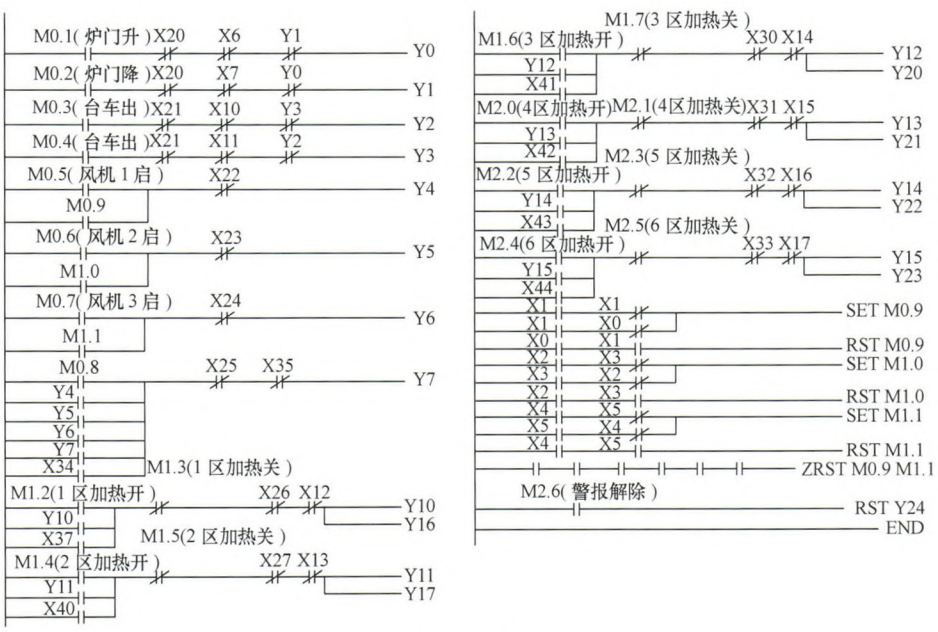


图3 程序

自动两种控制方式的互换。产品热处理温度不均匀的问题得到了彻底解决，实现了热处理智能化控制，使产品的废品率和热处理成本得到大幅降低，热处理工作更加方便、可靠。经过试运行证明，完全达到了生产使用要求，满足了自动化控制要求，真正实现了工业炉的高效安全运转，使生产效率和班产大幅提高，节省了大量的能源。

参考文献：

[1] 卢祥胜，闻国民，陈全明. 工频感应加热炉电路优化设计[J]. 热处理技术与装备，2013（05）：61-64.

[2] 卢祥胜，赵庆辉，金华良，等. 大直径铜铸锭感应加热炉设计[J]. 热处理技术与装备，2015（02）：39-42.

MW（收稿日期：20161128）

专家点评

箱式工业炉在使用过程中最大的问题就是炉内平均温度的控制，作者较好地利用自动控制、分区域、多种传感器的方法解决了实际问题。文章可以借鉴。

海克斯康并购美国CAE软件公司MSC

2017年2月2日，海克斯康集团宣布并购MSC软件公司，MSC是一家领先的计算机辅助工程CAE解决方案公司，提供虚拟产品和制造过程仿真系统的软件开发。此次并购为无现金无负债（DFCF）并购方式，并购价格为8.34亿美元。

本次并购将基于海克斯康连接设计和生产阶段数据的能力，继续增强其整体战略，增加与客户流程的接触点，实现在整个产品生命周期以数据驱动的制造的愿景。