

基于西门子 PLC 电镀控制系统

钟章飞¹, 孔维宾¹, 陈松²

(1. 盐城工学院 信息工程学院, 江苏 盐城 224002;

2. 盐城工学院 化学工程学院 新能源与环境电化学工程技术研究院, 江苏 盐城 224002)

摘要:为提高钛阳极铱催化层的均匀度, 基于西门子 S7-1200 设计电镀铱控制系统。通过分析电镀过程中的因素, 对电流、通电时间、温度等工艺参数进行可调节程序设计, 并通过组态软件对程序进行验证, 保证其安全性、正确性和稳定性。通过采用自动化电镀的方取代人工涂覆, 解决如今工业化生产中人工涂覆铱催化层导致的涂层不均的问题, 从而提高产品电极的质量和使用寿命; 同时提高生产效率、降低劳动强度, 以提高经济效益和社会效益。

关键词: 可编程控制器; 电镀系统; 接近开关; WINCC 组态

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2025)12-0026-05

Electroplating control system based on siemens PLC

ZHONG Zhangfei¹, KONG Weibin¹, CHEN Song²

(1. School of Information Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224002, China;

2. New Energy and Environmental Electrochemical Engineering Technology Research Institute, School of Chemical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224002, China)

Abstract: To improve the uniformity of the titanium anode iridium catalytic layer, a control system for electroplating iridium is designed based on Siemens S7-1200. By analyzing the factors in the electroplating process, adjustable program design is carried out for process parameters such as current, power-on time, and temperature, and the program is verified through configuration software to ensure its safety, correctness, and stability. By adopting automated electroplating instead of manual coating, the problem of uneven coating caused by manual coating of iridium catalytic layer in industrial production is solved, thereby improves the quality and service life of product electrodes, simultaneously improves production efficiency and reduces labor intensity to enhance economic and social benefits.

Keywords: programmable logic controller; electroplating system; proximity switch; WINCC configuration

0 引言

电解铜箔是电子工业的基础材料之一^[1], 作为生产印制线路板和锂离子电池的基本导电材料, 是各种电子元件相互组装的载体, 被称为电子产品信号和电力传输的“神经网络”^[2-3]。

随着电子行业的迅速发展, 对铜箔的需求也日益扩大, 一方面, 铜箔的产品质量和生产效益与生箔机的设计^[4]、溶液的配比以及镀制的工艺^[5]等有着紧密的联系; 另一方面, 铜箔电极钛阳极的催化性能与稳定性也对生产效率起着至关重要的作用, 优异的催化性能能够在相同电流密度下降低反应的电压值, 提高生产的能效比, 良好的稳定性能够使单次运行时间更加持久, 减少更换和修复钛阳极和机器停机带来的经济损失。目前, 铜箔电极钛阳极的生产多采用人工涂刷的方式, 首先由工人配制涂料, 接着按设定好的涂刷方式进行涂刷, 再将涂刷好的电极静置流平, 最后高温煅烧完成一次涂覆, 经过几十次的重复操作, 以达到提高涂层均匀度的目的^[6]。虽然, 通过反复涂

刷的方式一定程度上提高了涂层的均匀度, 但是由于人工每次涂刷的方式、每日的工作状态等不可控因素, 仍会导致电极涂层载量分布的不均匀, 产品的质量不一致。通过电沉积的方式, 能够准确地控制电极镀层的均匀度和沉积量^[7]; 结合使用可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC)^[8], 根据生产需求, 对生产过程和工序进行 PLC 程序设计, 能够有效地完成各个生产工序的操作步骤, 并进行实时数据监控, 实现电镀自动化, 可以保证产品质量, 同时能提高生产效率和减少人工成本^[9]。

1 电镀控制系统简介

根据不同的工艺需求, 对电镀的工艺参数进行设计, 完成参数设置, 电镀控制系统夹取待镀电极, 平移到电镀池上方并下降到一定位置, 使镀液没过待镀电极, 等待电镀时间到达后, 镀制的电极流出, 下一个待镀电极流入。

1.1 电镀工艺流程

为了电镀控制的可行性, 该控制系统结合目前工业生产中的一些工艺流程, 并对关键工艺步骤进行升级, 具体

的控制过程如下。

电镀前后均有水泵对电极进行喷淋,前道喷淋工序的目的在于清洗来料电极上的杂质,避免污染镀液;后道喷淋工序的目的在于冲洗电镀完成后电极表面吸附的镀液,一方面回收残留镀液,另一方面确保电极表面清洁,避免对后面的产品检测带来影响。在电镀前,进行来料检测和

电镀手夹取的通电检测,保证电镀的基本条件。检测通电完成后,电镀手按照设定的程序移动到电镀槽中,电镀一段时间后机械手移动到下料位置,电镀手回到取料位置进行下一次循环。电极在下料位置再经去检测电极到检测位置,检测完成后记录检测数据,单次电镀流程完成,电镀工艺的流程如图1所示。



图1 电镀工艺流程

1.2 控制系统硬件设计

电镀控制系统的设备主要包括 PLC、HMI 触摸屏、输入输出扩展模块、开关电源、接近开关、温度传感器^[10]、驱动电机、补液阀门和中间继电器^[11]。

1.3 PLC 控制器选型

PLC 的开发生产厂商较多,各个品牌的 PLC 也是多种多样,故在 PLC 的品牌与具体型号的选择上需要考虑到以下方面。首先,需要考虑到 PLC 的相关性,根据控制系统的实际需求,选择相应的控制器;在满足基本的控制需求的前提下,PLC 还需要具备一定的扩展性,以便未来控制模块的维护和生产线功能的升级;工业化生产线中设备较多,设备还应当具有较强的抗干扰能力,避免设备间相互影响,导致控制系统混乱;最后,在满足以上条件的基础上,也需要考虑 PLC 的经济性,减少控制系统投入的成本。

综合以上需求,并从横向和纵向对比各厂家、各型号的 PLC,最终选择西门子 S7-1200 作为系统的核心控制器^[12]。

西门子 S7-1200 系列 PLC 属于紧凑型 PLC,相对 1500 系列 PLC 具有较高的性价比,其将中央处理器(central processing unit, CPU)、信号板、通讯接口、传感器电源和输入输出集成在一个设备上,该系列 PLC 能够根据需求添加输入输出扩展模块(最大模块数量为 8 个),满足大多应用场景的需求。此外,西门子公司拥有自己的编程组态软件博途(totally integrated automation portal, TIA),能够对西门子 S7-1200 PLC 进行硬件配置、程序编写、网络组态以及和西门子 HMI 面板进行人机界面监控模拟。本设计中由于输入输出较多,选用 S7-1200 系列 PLC 的 CPU 为 1215C,其除了本体的接口外,还可以扩展 8 个输入输出模块,满足本控制系统的需求。PLC 的设备视图如图 2 所示。

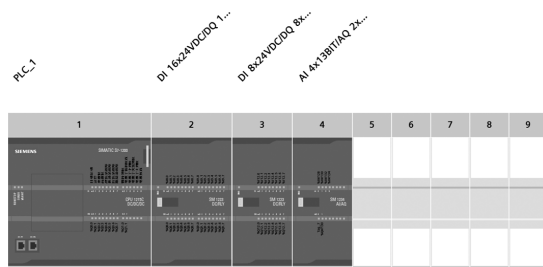


图2 PLC 设备视图

2 电镀程序软件设计

2.1 I/O 分配表

控制的系统的软件设计前,首先确定系统的输入输出口,本设计中的输入口主要包括启停开关、限位开关和检测传感器等,具体的输入变量如表 1 所示。

表 1 输入变量表

名称	数据类型	地址	名称	数据类型	地址
自动启动	Bool	%I0.0	电镀手上到位	Bool	%I1.4
急停	Bool	%I0.1	电镀位置	Bool	%I1.5
补液位	Bool	%I0.2	下料\位置	Bool	%I1.6
高液位	Bool	%I0.3	检测 OK	Bool	%I2.0
冲洗泵故障	Bool	%I0.4	检测 NG	Bool	%I2.1
换热泵故障	Bool	%I0.5	检测位置	Bool	%I2.2
清洗泵故障	Bool	%I0.6	电镀检测 OK	Bool	%I2.3
燃烧器故障	Bool	%I0.7	电镀检测 NG	Bool	%I2.4
物料到位	Bool	%I1.0	信息复位	Bool	%I2.5
电镀手接料位置	Bool	%I1.1	酸度读取	Int	%IW10
电镀手下到位	Bool	%I1.2	温度读取	Int	%IW12

系统的输出口主要包括驱动电机、各功能泵以及检测设备,通过中间继电器转接的输出形式,使控制系统更加安全,具体的输出变量如表 2 所示。

表 2 输出变量表

名称	数据类型	地址	名称	数据类型	地址
热换泵	Bool	%M0.0	电镀手电机上行	Bool	%M1.0
镀液阀门	Bool	%M0.1	电镀手电机右行	Bool	%M1.1
清洗泵	Bool	%M0.2	去检测位电机	Bool	%M1.2
燃气燃烧	Bool	%M0.3	产品检测	Bool	%M1.3
冲洗泵	Bool	%M0.4	补水阀	Bool	%M1.4
电镀手松开	Bool	%M0.5	通电检测	Bool	%M1.5
电镀手电机下行	Bool	%M0.6	检测位电机	Bool	%M1.6
电镀手夹紧	Bool	%M0.7	电镀手电机左行	Bool	%M1.7

2.2 系统程序设计

2.2.1 主程序

电镀控制系统的主要控制过程包括物料抓取、物料搬运、电极电镀以及物料卸料。当控制系统自动程序启动时,上料位置检测到物料,电镀机械手向下移动到设定位置去抓取电极,待电镀手夹紧到位后,电镀手经过清洗泵除去表面杂质移动到电镀槽位置,根据设定好的电镀参数进行电镀流程。等待电镀完成后,电镀手离开电镀槽,再经清洗泵冲洗电极表面残留镀液到下料位置下料,回到取料位置,完成单次电镀循环。电镀主程序的梯形图如图 3 所示。

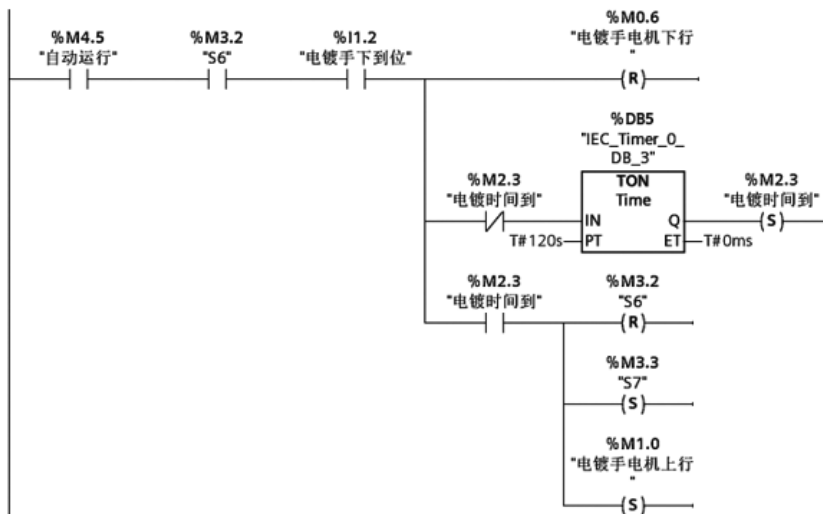


图3 电镀主程序梯形图

2.2.2 镀液补充程序

在电镀过程中,由于需要对镀液进行持续的恒温加热,电镀槽中的水分会被蒸发,为保证镀液在一定的浓度区间范围内,采取定时补水的设计。当槽液位到达低点时,补水阀开启,待液位到达高位,补水阀自动关闭。除了纯水的补充外,在每次电镀间隔中,还对镀液中的组分进行补充,具体的补充方式根据单次电镀的镀液的消耗量而定。通过电化学理论计算,电量计算公式 $Q = It$, 单位通电时间内提供一定电量,再结合电镀实验中过程的电流效率,得到单次电镀实际消耗的镀液量。最后根据镀液补充阀的流量和配备好的补充镀液浓度,得到单次补充镀液的时间,镀液的补充程序如图4所示。

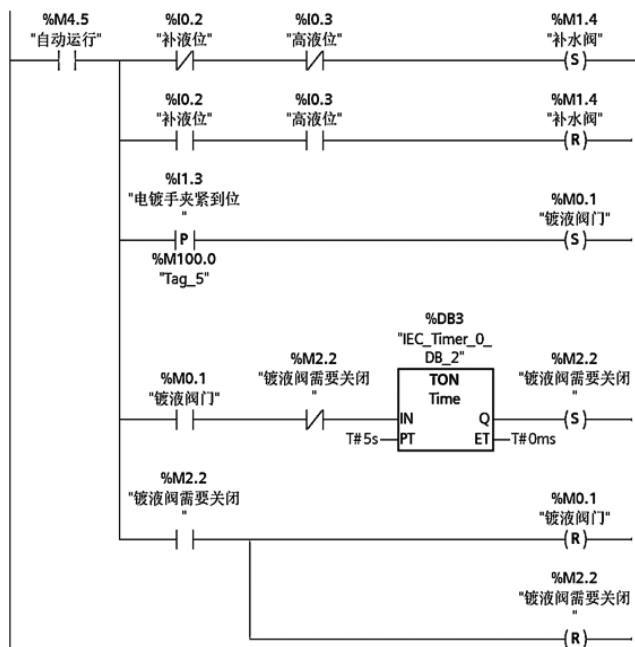


图4 镀液补充程序梯形图

2.2.3 产品检测程序

电镀完成流出的电极,经过清洗泵喷淋,去除表面残留镀液并回收,避免电极表面残留其他物质而影响检测结

果。清洗完成后的电极,通过传送电机到检测位置,对产品电极进行检测。产品的质量检测采用 X 射线荧光光谱仪,选取随机点测试金属含量并反馈给 PLC,PLC 对反馈值进行比较,均在给定范围内认定为产品合格,反之,则不合格,给出相应的检测结果,并对记录产品不良情况,以便后期统计产品的不良率。产品的检测程序如图5所示。

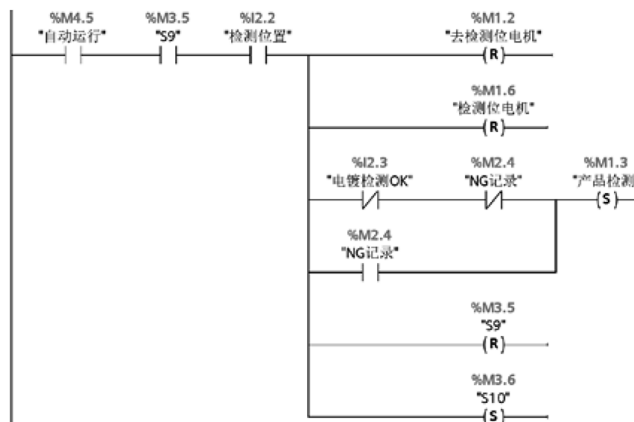


图5 产品检测程序梯形图

2.2.4 其他程序

除以上的主要控制程序外,该控制系统还涉及其他的辅助程序。为了保证控制系统的安全性,设置了急停程序,当按下急停按钮时,通过寄存器或内部存储区,将所有输出信号置零,从而使所有输出设备全部断开,达到急停效果。以 MB0 为例,MB0 为 M 存储区的一个字节,一个字节包含 8 位,也就是从 M0.0 到 M0.7,与 I/O 变量表中的控制变量相对应,控制系统的急停程序如图6所示。

镀液的温度和浓度是影响电极镀制效果的关键因素,因此对电镀槽中的温度和酸度进行实时监测,通过酸度值来反映电镀槽中镀液的浓度,产线工人可以根据电镀工艺条件的浮动范围,结合监控值来判断控制系统的运行是否存在问题。如若出现异常可以对镀液的参数进行排查,解决生产过程中镀液参数问题,读取的程序梯形图如图7所示。

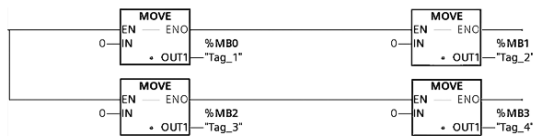


图6 系统急停程序梯形图

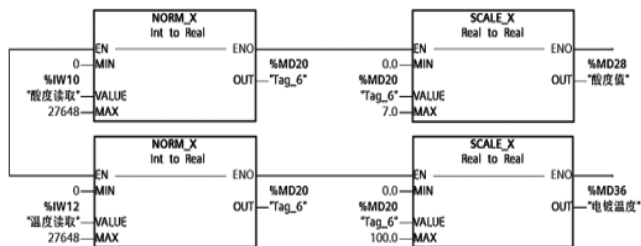


图7 镀液参数读取梯形图

3 组态仿真

3.1 PLCSIM 介绍

PLCSIM 是西门子开发的 TIA 博途组态软件平台中的可选软件,其功能在于通过软件模拟可编程控制器,使编写的 PLC 程序能够找到编译下载的设备,模拟 CPU 和设备连接界面如图 8 所示。启动模拟的 CPU 后,可以将 PLC 转换为在线模式,并启用监视功能,对变量状态进行实时观测。同时,在 PLC 程序模拟运行的前提下,PLCSIM 还可以与 WinCC 一同实现人机界面监控模拟。

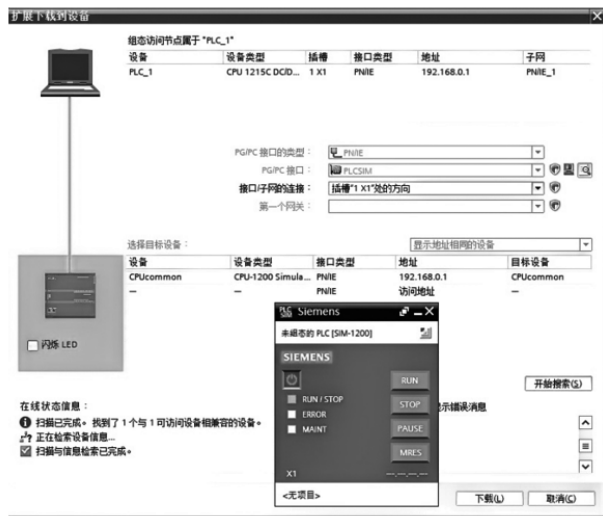


图8 模拟 CPU 和设备连接界面

3.2 HMI 界面设计

在 TIA Portal V16 软件中,添加所选型的 HMI 触摸屏设备,根据需要控制和监控的设备需求,对 HMI 触摸屏的进行分画面布局,将不同监控画面设计到不同的分画面中,并在跟画面中添加各个控制画面的按键,通过画面跳转的指令,实现各个画面之间的自由切换,这样使得监控画面更简洁、更有条理性。对于需要控制和监控的变量,将其设计到各个分画面中,并结合 PLC 变量表,将 HMI 触摸屏中的变量与 PLC 中的变量实现一一对应^[13],如图 9 所示。

单击		
按下	▼ 置位位	
释放	变量(输入/输出)	自动启动
激活	▼ 复位位	
取消激活	变量(输入/输出)	自动启动
更改	<添加函数>	

图9 仿真按钮与 PLC 变量一一对应

3.3 网络连接

设计的 PLC 与触摸屏均选用西门子的产品,在设备的协调性和便捷性上都有不错的体现。在 PLC 和触摸屏的网络连接上,选用具有相同网络连接接口的 PLC 和触摸屏设备,本设计选择的设备的接口型号均为 PN/IE。在项目工程的设备与网络中,查看网络视图,通过将 PLC 和 HMI 触摸屏的网络接口连接即可完成两设备的网络连接。设备的网络连接如图 10 所示。

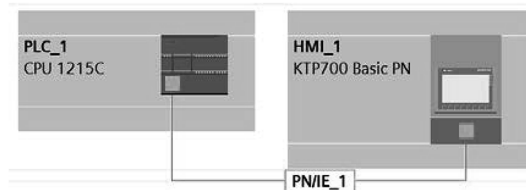
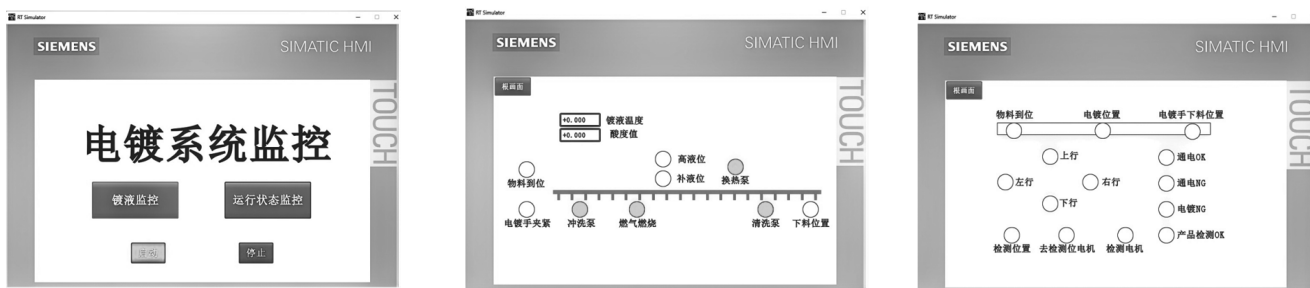


图10 网络连接

3.4 仿真界面

PLC 程序和 HMI 触摸屏运行无误后,就可对所设计的控制系统进行控制和监控,首先是控制系统的跟画面,其中包括启停按键和两个监控的分画面,如图 11(a)所示,下面是镀液监控界面和运动状态监控界面,如图 11(b)和 11(c)所示,分别对电镀槽的一些参数和整个电镀控制系统的各个状态进行监控。



(a) 主界面

(b) 镀液监控界面

(c) 运行状态监控界面

图11 触摸屏仿真界面

(下转第 119 页)