

# 变频器及 PLC 在焙烧多功能天车上的应用

张国玉

(中国铝业青海分公司 第一电解厂, 青海 大通 810108)

**[摘要]** 针对天车电气控制技术落后的问题, 采用变频器及 PLC 对炭素焙烧多功能天车的电气系统进行改进。本文介绍了本课题改进的具体内容及实施后的效果, 满足了天车的各种工艺要求, 提高了焙烧多功能天车综合性能。

**[关键词]** 多功能天车; 变频器; PLC; 调速; 监控显示器

**[中图分类号]** TP273      **[文献标识码]** B      **[文章编号]** 1003-8884(2005)02-0013-04

中国铝业青海分公司炭素厂三个阳极焙烧车间共有 6 台阳极焙烧多功能天车, 该设备是阳极焙烧炉的专用操作设备, 阳极焙烧多功能天车执行下列操作: 焙烧炉与编、解组站之间的阳极输送; 用阳极夹具将阳极装入焙烧炉坑; 用填充料管将填充料加入炉坑; 用气力输送设备的吸料管将高温填充料从炉坑中吸出; 用阳极夹具将阳极从焙烧炉坑中取出; 用 10 t 辅助吊钩搬运车间内其它设备(燃烧架、吹风管、热电偶架、排烟架、烟气测量架、冷却架、炉墙等)。一、二车间的 5 台焙烧天车系 1987 年投产, 其电气控制采用继电器-接触器控制, 控制水平低, 天车故障率高, 为了保障天车的平稳运行, 跟上当代电气控制水平的发展, 采用变频器<sup>[1~2]</sup>及 PLC<sup>[3]</sup>对整车的电气系统进行综合改造, 期望较好地解决天车运行中存在的问题, 提高装备水平。

## 1 解决方案

### 1.1 天车的工作环境

天车为 3 班工作制, 每班 8 小时, 每年工作 365 天。工作环境含有大量的碳粉尘、碳氢化物和沥青物, 环境温度最高可达 55℃。

### 1.2 天车的组成

本焙烧天车主要由大车、小车及电气控制系统三大部分组成。

大车为焙烧多功能天车的桥架, 沿车间纵向轨道运行, 并配有 10 t 电动葫芦, 承担专门吊运任务。

**[作者简介]** 张国玉(1960-), 男, 青海湟中人, 高级工程师, 研究生学历, 现任中国铝业青海分公司第一电解厂设备厂长, 主要从事铝电解及炭素设备的管理工作。

小车是焙烧多功能天车的核心, 其上配置焙烧多功能天车的主要作业工具、操作室及电气控制系统等, 小车可沿大车主梁顶面的轨道横向运行。

电气控制系统采用 PLC 可编程序控制器, 在操作室内的联动台上集中操作, 联动台上还配有彩色触摸屏, 触摸屏上可实时显示各电气元件及系统的使用状态, 显示故障报警部位及原因, 采用无线信号交换装置对地面设备进行控制。

### 1.3 电气系统主要配置

#### 1.3.1 电机

起升电机 30 kW 1 台, 小车电机 22 kW 1 台, 大车电机 30 kW 2 台。

#### 1.3.2 变频调速柜

大车变频器: ACS601-0070-3(45 kW  $I_e = 89$  A, 配有制动斩波器 NBRA-656、NTAC-02 脉冲编码器模块及 NDCO-03 通讯板及主从光缆)2 套;

小车变频器: ACS601-0060-3(37 kW  $I_e = 75$  A, 配有制动斩波器 NBRA-656、NTAC-02 脉冲编码器模块及 NDCO-03 通讯板及主从光缆)1 套;

起升变频器: CIMR-G54055(55 kW,  $I_e = 128$  A, 配有电抗器、制动单元 CDBR-4030 和 PG-B2 反馈卡)1 套;

PLC: TSX3721 可编程序控制器 1 台, 输入 64 点, 输出 64 点(莫碟康公司产品, 通过配套软件用笔记本电脑编程);

人机界面: PWS1760-CTN 型触摸屏 1 台(台湾台达公司);

DC24V 电源: 朝阳 4NIC 电源(工业品);

编码器: 采用上海渡边公司 HLE 系列;

其它控制元件: 包括断路器、接触器、继电器等

开发应用

元件,采用施耐德公司产品;

外部元件:制动电阻(国产)。

1.4 功能实现

多功能天车电气系统整车共用一套 PLC 控制;大车、小车行走及吸、卸料管的提升采用变频器调速;在天车驾驶室安装人机界面,有语音提示和报警功能,能够及时、准确诊断故障,便于状态量及参数的监控;天车与车间的阳极编组站控制通讯采用无线遥控技术;电气柜和操作室选配了新型的柜式空调,电气柜的防护等级达到 IP65。

1.4.1 大车拖动

①大车为双梁桥式结构,由两根平行的大梁通过高强度螺栓固定在两个端梁上,每个端梁车与两个小端梁通过联杆铰接而成。大车的传动装置采用直联式的斜齿轮“三合一”减速机,其结构紧凑,体积小,重量轻,承载能力大,传动平稳,噪音低,寿命长,性能可靠。

②该系统大车变频调速<sup>[4~5]</sup>采用主从无级调速,既可满足天车快速进行阳极运送或快速达到工作位置的需要,又能满足对位准确和作业安全的需要,使大车运行更加平稳。大车电机拖动采用变频器“一拖一”控制,变频器选用工程系列变频器。在天车行走同步控制方式中,主要将两个变频器的功能进行划分,对电机进行一主一从控制,实现转速闭环控制,尽可能地消除两台电机转速差。电机同步的实现应以大车行走电机速度的同步为准,两端主动轮之间的差异比较小可以认为主动轮相同,实现两台电机的准同步运行。同步控制原理见图 1。

③变频调速采用闭环控制(装设编码器),提高了整套系统的控制精度。

④系统大车采用主从控制,有效地提高两台电机速度的同步性。

1.4.2 小车拖动

①小车在大梁顶部轨道上运行,其上设置有天车的主要结构:填充储仓、旋风除尘器、空气冷却器、布袋冷却器、吸料装置、填料装置、粉尘卸料装置、真空泵机组、双联阳极夹具及提升装置、操作室及电控系统等。

②系统小车变频调速采用三档控制,各档速度平稳过渡,控制小车的左右运行。控制原理见图 2。

1.4.3 吸、卸料管的提升

吸、卸料管的提升采用日本安川公司变频器驱

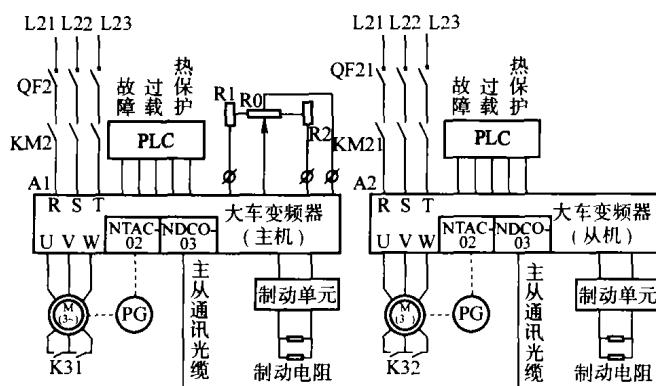


图 1 大车电气控制原理图

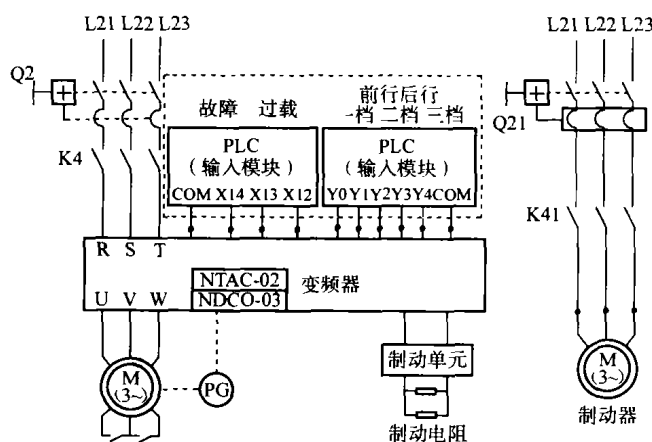


图 2 小车电气控制原理

动<sup>[6]</sup>,该变频器具有起动力矩大、提升平稳的特点,适合于提升机构运行。

1.4.4 状态监测

①PLC 系统采用远程 I/O 方式。小车上装有本地 I/O 组和中央处理器,承担小车上的设备控制和型号采集,大车上由远程 I/O 组承担,本地与远程之间的通讯<sup>[7]</sup>仅需要一根双绞线屏蔽电缆即可,减少故障发生率。PLC 状态监测见图 3。

②配备了操作员终端触摸式模拟和监控显示器,可对整车的工作状态和故障情况实时显示,并可进行控制参数的设定和修改,方便操作和检修。

操作室采用语音提示和报警,能够及时准确地诊断故障。

③天车与车间的阳极编组站控制通讯采用无线遥控技术,大大简化了车间电气控制系统的配置,减少故障环节,信号传输更加可靠。

1.4.5 其它辅助部分(副钩、鼓风机、吸卸料、除尘等)控制原理保持不变

1.5 PLC 软件与控制

①PLC 采用莫碟康公司的配套软件,实现程序

开发应用

PLC		模块 1	模块 2	模块 3	模块 4	模块 5	模块 6	模块 7	模块 8
RS-232 接口	RS-485 接口								
与微机通讯	与人机界面通讯	起升连锁	大车连锁	小车连锁	放灰阀门开指示	阳极提升上限位	副钩上升	放灰阀门开	备用
		起升启动	大车启动	小车启动	卸料阀门开指示	吸料管上限位	副钩下降	放灰阀门关	备用
		起升上一档	大车停止	小车前进	阳极夹紧	卸料管上限位	副钩后行	卸料阀门开	备用
		起升下一档	大车左行	小车后行	故障信号	卸灰管上限位	副钩前行	卸料阀门关	
		起升二档	大车右行	小车一档	卸夹阀门开	空压机停机	卸料管上升	灰仓嘴阀门	
		起升三档	大车左限	小车二档	吸料温度过高	空压机开机	卸料管下降	卸灰阀门关	
		起升四档	大车右限	小车三档	通风机开	起升接触器	吸料管上升	卸灰阀门开	
		起升上限	大车变频故障	小车前限	料仓 105%	大车接触器	吸料管下降	阳极夹具打开	
		起升下限	大车从机故障	小车后限	料仓 100%	小车接触器	卸灰管上升	阳极夹具夹紧	
		起升超速	大车防撞	小车变频故障	料仓 10%	起升制动器	卸灰管下降	鼓风机停机	
		门限位		变频运行	灰仓 100%	大车制动器	空压机启动	鼓风机运行	
		起升力矩		普通运行	鼓风机负压高	小车制动器	空压机停机	除尘旋转开	
		变频器故障			布袋压力高	起升转子短接	故障接触	布袋压力高	
					管路压力不正常	大车 1 转子短接	鼓风机启动		
				大车 2 转子短接	鼓风机停机				
				小车转子短接					

图 3 多功能天车 PLC 状态监测

的编写、调试、梯形图和语句表编程的转换,并通过笔记本电脑与 PLC 通讯传输程序。编程简单易学,用户维护方便。

②PLC 是该系统的控制中心,保护及档位等开关信号均由 PLC 控制,控制精度高,动态响应快。PLC 控制方框图见图 4。

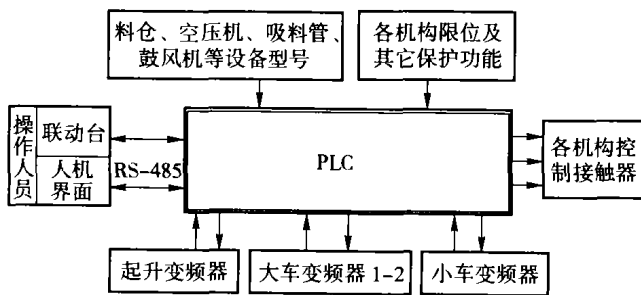


图 4 PLC 控制方框图

③该系统 PLC 作为下位机,人机界面作为上位机,两者通过 RS-232 电缆进行通讯,完成数据的处理和信息交换,实现对多功能天车的信息控制和管理。天车触摸屏组成画面见图 5。

## 2 效果评价

①电气控制采用 PLC 控制技术,使硬件结构接线简单,简化控制设备,连锁可靠,便于施工、维修,调试方便,故障率低,保证了天车的作业效率。该系

统保护功能及档位逻辑控制由 PLC 精确实现,提高了整套系统的档次,真正体现了可靠性高的特点。

②采用变频调速技术对大、小车的行走速度、吸、卸料管的提升速度进行控制,使之调速平滑,接线简单,调速性能可靠。

③变频调速具有调速范围宽、调速精度高、动态响应快等突出特点;具有明显的节能功能;具有灵活性高的功能,各档速度可根据用户要求随时修改;具有保证在零速时提供满转矩、转矩记忆及故障自诊断的功能;具有直流制动功能,减小了机械的磨损和冲击;具有力矩限制功能,有效地保护系统的正常运行;具有过电流、过电压、欠电压和输入缺相保护等功能;具有变频器超温、超速、超载、制动单元过热、I/O 故障保护、电机故障保护等完善的保护功能。

④电气设计使大车、小车的行走方向与天车操作员的工作方位随时保持一致,避免操作人员因工作方位的改变而引起大车、小车行走的误动作。

⑤该系统 PLC 与上位机界面进行通讯,使系统各参数在人机界面直观地得到监控。

⑥变频柜内采用成熟的控制线路,可靠地控制电机的起动、调速、换向和制动。

⑦阳极焙烧多功能天车改造费用为 50 万元/台,改造前由于天车电气故障率高,每年维修费用为

开发应用

人机界面		起升画面	大车画面	小车画面	辅助控制指示画面 1		
RS-232 接口	RS-485 接口						
与上微机通讯	与 PLC 通讯	起升启动	大车启动	小车启动	料仓 100%	放灰阀门开指示	阳极提升上限位指示
		起升上一档	大车停止	小车前行	鼓风机负压高指示	卸料阀门开指示	吸料管上限位指示
		起升下一档	大车左行	小车后行	布袋压力高指示	阳极夹紧	卸料管上限位指示
		起升二档	大车右行	小车一档	管路压力不正常	故障信号	卸灰管上限位指示
		起升三档	大车变频故障	小车二档		卸夹阀门开	空压机停机指示
		起升四档	大车从机故障	小车三档		吸料温度过高	空压机开机指示
		起升超速	大车限位动作	小车变频故障		通风机开	鼓风机停机指示
		变频器故障		小车限位动作		料仓 100%	鼓风机运行指示
		起升限位				料仓 10%	除尘旋转开指示
				灰仓 100%	布袋压力高指示		

人机界面扩展	辅助控制画面 2			
空压机启动	放灰阀门开	副钩上升	吸料管上升	
空压机停机	放灰阀门关	副钩下降	吸料管下降	
故障接触	卸料阀门开	副钩后行	卸灰管上升	
鼓风机启动	卸料阀门关	副钩前行	卸灰管下降	
鼓风机停机	灰仓嘴阀门	卸料管上升	阳极夹具打开	
	卸灰阀门关	卸料管下降	阳极夹具夹紧	
	卸灰阀门开			

图 5 天车触摸屏画面组成图

15.5 万元/台;改造后设备故障率大大降低,不但提高了控制水平,而且在 4 年内即可收回投资成本,经济效益显著。

### 3 结论

我公司炭素厂焙烧一、二车间的两台多功能天车整车电气系统改进后,设备控制水平大大提高。大车拖动系统改进后,消除了天车大车行走时的扭动现象,实现了两台大车电机的准同步运行,大车运行平稳,保护了天车大梁、端梁不受损伤,天车制动系统动作准确、可靠。小车提升系统改进后,制动系统动作准确、可靠,运行平稳。PLC 技术的成功应用,实现了人机对话,方便操作和检修。天车与车间的阳极编组站控制通讯采用无线遥控技术,大大简

化了车间电气控制系统的配置,减少了故障环节,信号传输更加可靠,改造获得了成功。该项技术将在其它三台多功能天车上推广应用。

[参考文献]

- [1] 黄立培. 变频器应用技术及电动机调速[M]. 北京:人民邮电出版社,1998.
- [2] 韩安荣. 通用变频器及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [3] 王永华. 现代电气控制及 PLC 应用技术[M]. 北京:航空航天大学出版社,2003.
- [4] 彭鸿才. 电机原理及拖动[M]. 北京:机械工业出版社,1994.
- [5] 佟纯厚. 变频器调速原理[M]. 北京:冶金工业出版社,1984.
- [6] 吴忠智,吴加林. 变频器应用手册[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [7] 郭宗仁. 可编程序控制器应用系统设计及通信网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2002. ▲

(上接第 12 页)

须大于 23%。

② 现诺兰达烟气只能进入余热锅炉,未设置旁通烟道,当余热锅炉生产中发生故障时,对系统的连续性影响极大。

③ 诺兰达炉本体空炉重量达 500 多 t,检修方案及措施有待于落实。 ▲

④ 高压鼓风机运行状况受工艺操作的影响较为明显,如在运行中增加风机的供风阻力,使风机实际运行工作点到喘振区的安全裕度降低,易引高压风机的振动超标、喘振而发生保护性跳车,此时风管迅速失压,给熔炼炉的安全运行留下极大的隐患。 ▲