[工厂自动化]

天车自动控制系统的设计及应用

文/河钢集团钢铁技术研究总院　张　灿

介绍了天车自动控制系统的软硬件构成、工作原理及实际应用。本系统以编码尺及编码器作位置检测元件，以变频器作驱动装置，以移动面板作人机界面设置及显示位置信息，以PLC为核心对位置信息进行分析处理，将处理后的信息通过无线网络传送至地面监控装置和移动控制终端从而实现天车自动运行的闭环控制。

传统天车一般都没有自动控制功能，因此只能由天车司机通过目测来判断天车及吊钩位置，手动控制天车，不仅工作效率低，人工成本高，而且容易引发安全事故。伴随着现代社会无线通信技术、检测与传感器技术、PLC、变频器等基础自动化技术以及信息技术发展日趋成熟，传统的人工手动操作天车已经不适应现代企业高效运转需要。随着社会发展，用户对天车的安全性、可靠性、准确性和平稳性等要求越来越高。因此本文研究了适合复杂工况、性能可靠稳定的天车自动控制系统。

天车自动控制系统构成

天车自动控制系统由硬件系统和软件系统两部分构成。

1．硬件系统

硬件系统包含位置检测系统和位置控制系统。位置检测系统使用线性绝对值编码尺检测大车和小车位置，编码尺沿轨道铺设。位于编码尺上方的读码器采取短距离红外对射方式读取编码尺的位置信息，并计算出位置值，位置信息经接口模块通过PROFINET网络传输至PLC控制器CPU中。读码器安装于编码尺上方，随天车走动，与编码尺无直接接触。每隔一段距离，读码器就会探测到一个新的位置值。它不需要参照点且没有时间延迟，就能计算出位置值。即使在高速工作的情况下，也很准确、可靠运行且不受温度影响。所采用的线性编码尺定位系统无机械误差，定位准确度高，适合工矿企业复杂环境，高温粉尘振动都不会对系统造成不良影响，多部天车位置的测量可共用一条编码尺，成本低，可靠性高，相互间无影响，安全稳定。吊钩位置检测使用绝对值旋转编码器，编码器安装于电动机轴承上，与电动机旋转同步动作，运行速度一致，实时采集数据，采集到的数据以SSI数据方式传入PLC的FM位置模块中。模块经过内部计算得出吊钩位置信息。位置检测系统结构图如图1所示。

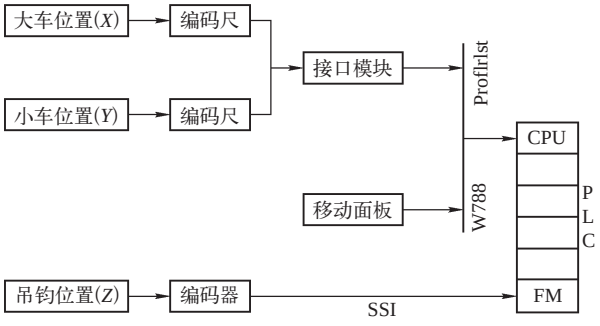

图1　位置检测系统结构图

位置控制系统包含逻辑顺序控制器PLC、无线通信系统、驱动变频器和移动控制终端。位置检测系统将采集到的位置数据通过控制器PLC的逻辑运算处理后以PROFINET通信方式，将位置

信息直接传至工业以太网上，客户通过任一终端可实时查看天车位置信息；使用工业无线通信系统，地面和空中各安装1个无线接入点，两个接入点之间通过RS 485通信有线连接，实现地面与空中通信；移动控制终端通过接入无线通信系统即可实现对天车的无线操控。该通信系统采用5 GHz高频专用通道传输，稳定可靠。大车行走驱动变频器、小车行走驱动变频器及吊钩升降驱动变频器也通过PROFINET通信连接至PLC，接收PLC指令及反馈信息。使用移动控制终端作为人机界面，移动控制终端能够兼有遥控器、工控机两者功能，方便、简单、直观且便于操控。

2．软件系统

天车自动控制系统软件部分采用西门子博途V14编程组态软件，其主要功能包含天车位置数据处理、运动逻辑控制、PROFINET通信和移动面板天车位置画面组态等。TIA博途是全集成自动化软件TIA portal的简称，是西门子工业自动化集团发布的一款全新的全集成自动化软件。它是业内首个采用统一的工程组态和软件项目环境的自动化软件，几乎适用于所有自动化任务。借助该全新的工程技术软件平台，用户能够快速、直观地开发和调试自动化系统。TIA博途与传统方法相比，无须花费大量时间集成各个软件包，同时显著降低了成本。TIA博途的设计兼顾了高效性和易用性，适合新老用户使用。

天车自动控制系统控制流程为首先对车间设备物料区域进行定置管理，每个物料和设备都有一个确定且唯一的三维立体坐标。将坐标值存储在PLC存储单元中。规划天车行走路径，在移动面板上设置行走起始位和目标位。在博途中用FC功能块对现场采集到的位置数据进行处理，处理结果存储在博途DB块中。根据现场实际位置及目标位置值，由博途工艺控制定位程序计算大车、小车以及吊钩移动距离，并给变频器发出行走命令，实施位置闭环控制。天车行走过程中，定位程序不断对实际位置与目标位置进行比对，直至到达指定位置后，PLC发送到达信号，完成自动控制。

实际应用

以某车间厂房为例，首先对整个车间内的物料和设备定义了三维立体坐标，并将这些坐标值储存在PLC中。定义天车大车行走方向为*X*轴，小车行走方向为*Y*轴，沿轨道敷设线性绝对值编码尺。在升降电机轴承上水平安装绝对值旋转编码器并定义吊钩升降方向为天车*Z*轴。三轴定位系统构成图如图2所示。

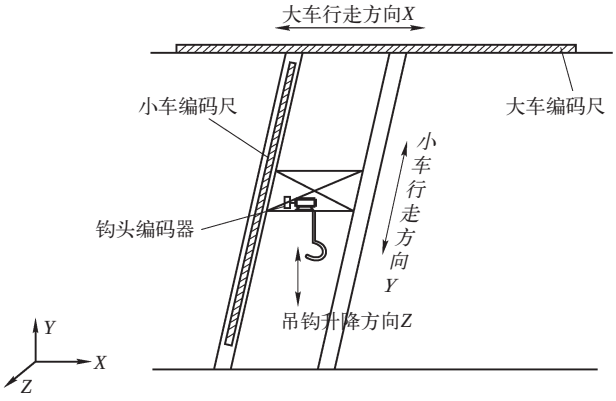

图2　天车定位系统构成图

通过PROFINET通信方式，将位置信息接口模块直接连在工业以太网上，位置检测系统检测数据上传信息给PLC，通过无线通信系统，移动面板上可实时显示天车位置信息。在执行天车自动运行程序前需要先在移动面板上选择天车自动运行的起始位和目标位。面板上提供两种选择模式：第一种为默认模式，HMI画面上已经对部分区域坐标进行了定制，用户只需点击起始位和目标位的对应按钮然后运行即可完成自动吊运；第二种为自定义模式，用户需要先将起始位和目标位的相应三维立体坐标输入至面板中，然后点击启动按钮即可完成天车从起始位到目标位的自动运行程序。由于空间区域内三维立体坐标具有唯一性，这样即可实现吊运物体目标位的精准安放。上述两种模式都可实现天车运行的自动控制。面板操作画面如图3所示。

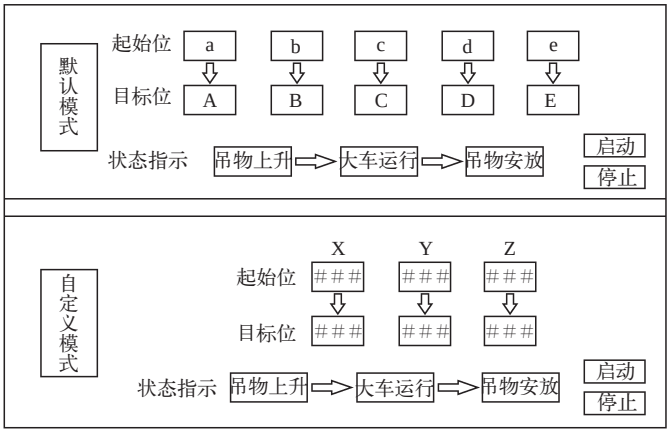

图3　移动面板操作画面图

下面将结合图表4对天车自动控制程序的流程进行详细介绍。当天车接收到启动命令后，PLC内部程序作出响应，CPU根据起始位与目标位坐标值计算出大车小车和吊钩的运行顺序和运行速度，并将运行命令和速度值赋予相应变频器，天车作出响应，开始按顺序执行。需要额外指出的是，为提高工作效率，PLC设计了多个命令可同时执行的运行程序，即在吊钩运行时，大车和小车可同时运行，而在程序中已经作了联锁条件来保证天车运行的安全性。运行过程中，CPU一直对当前位置值与目标位置值作比对，当比对结果是正值时，天车以正常速度正向运行，逐渐接近目标位。当对比结果呈现负值时，说明天车行驶已越过目标位，PLC赋予天车反向速度，天车反向运行。当天车在接近目标位置一定范围内时会进入减速滑行状态，PLC输出速度值会相应变小，天车会以低速状态运行。吊物不断接近目标位，在到达目标位允许误差范围内，PLC输出速度为零，天车停止运行，整个自动控制吊运过程完成。

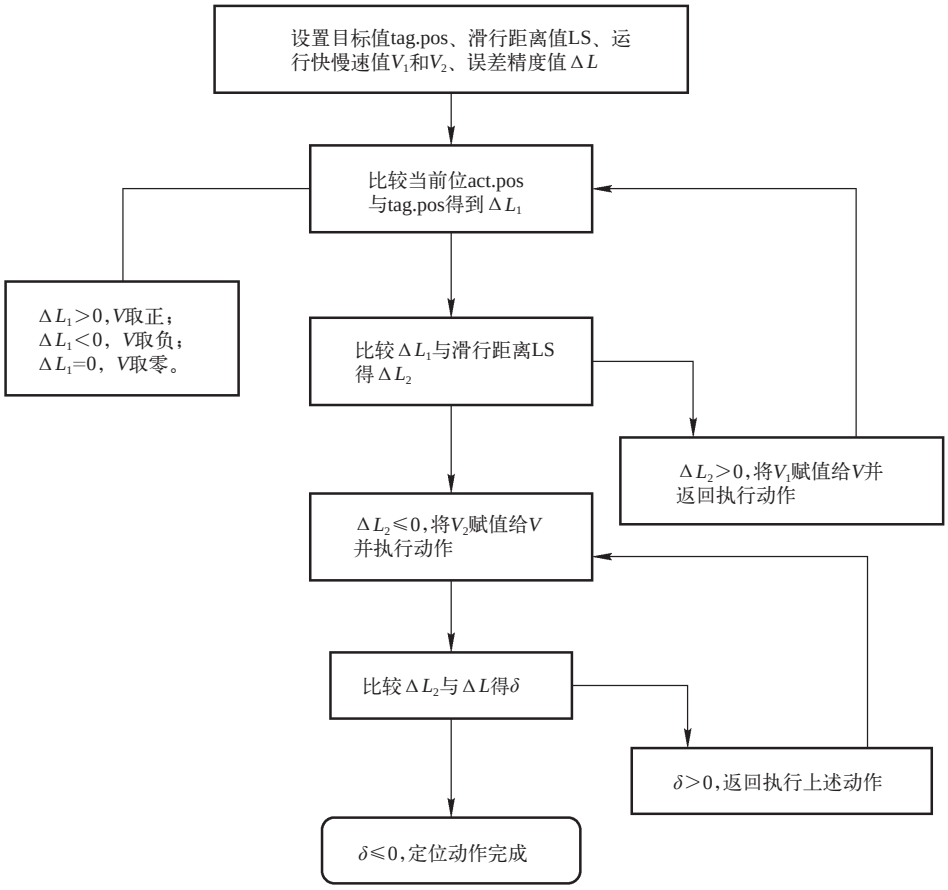

图4　自动控制程序流程图

结束语

综合上述内容，可以看到天车自动控制技术包含以下特点及优势：线性位移编码尺位置检测系统无机械误差，检测准确度高，可达0.4 mm，适合工矿企业复杂环境，高温、粉尘和振动都不受影响，多部天车大车位置共用一条编码尺，成本低，相互间无影响，安全可靠。使用PROFINET通信，将位置信息直接连在工业以太网上，客户终端可以实时显示天车位置信息。用工业无线通信系统，实现地面与空中通信。使用移动面板作为人机界面，移动面板能够兼有遥控器、工控机两者功能，方便、简单、直观且便于操控。使用博途工艺模块编写定位控制程序，简单实用、定位准确度高。EA

（收稿日期：2019.10.14）
（编辑：朱金凤）