[PLC]

基于PLC实现高炉炉顶控制系统的改造与研究

文/常州刘国钧高等职业技术学校　熊家慧

以沙钢6#高炉的改造为背景，应用PLC对高炉炉顶装料及布料系统进行研究，完成了炉顶装料自动控制、环形布料的程序设计，对布料溜槽的精度控制进行分析，实现了系统的自动化控制，提高了控制精度。

由于沙钢的6#高炉设备已经严重老化，布料器的转速、布料器的位置反馈得不够准确；另外，由于布料的形式较为单一，布料不够均衡，使得原料没能充分得到利用，进而影响了冶炼的质量。如此一来，消耗的能量非常大，而获得的效益以及冶炼的质量却得不到保证。高炉、上料以及槽下配料这三个部件间的信息不够准确与及时，极大地影响了正常的生产，降低了生产效率。结合实际科研项目——高炉上料系统的自动化改造，针对炉顶装料及布料部分的工艺及精度控制进行完善改造。

高炉炉顶装料系统工艺分析

待改造高炉炉顶采用并罐无钟炉顶，料罐均压采用一次均压、二次均压或一二次均压模式。正常情况下两个料罐循环交替进行装料和布料的工作，炉顶装料设备主要有翻板轨道（为两个料罐共用）。料罐在装料前，需要先排出氮气，使罐内压力小于大气压力。当其放散完成后便将上密阀打开，从而将原料装至料罐中进行均压。这一过程的装料方式比较多，结合现场实际情况最终选用较好的模式一（一均模式，正常关一均，停用旋风除尘阀）和模式五（一二均模式，正常关二均，停用旋风除尘阀）。当下一批的原料准备进入高炉时，高炉就开始布料。料罐在布料前，需要先充入氮气，使罐内压力大于炉顶压力；炉顶有三个探尺，是用来探测炉内料位的。停止布料时，探尺自动下降，跟随料面一起缓慢下放，由安装在探尺卷扬电动机旁的编码器发出实时的料面位置信号。

炉顶装料控制的程序设计

炉顶装料的过程控制主要就是对炉顶阀门的顺序控制及料灌压力的检测，为布料做好准备。系统中有2个上密封阀、2个下密封阀、翻板轨道为双线圈阀，2个均压放散阀、2个一次均压阀、2个二次均压阀、2个旋风除尘阀都为单线圈阀。根据现场情况炉顶装料现场采用的装料模式五：一二均模式，正常关二均，停用旋风除尘阀，具体程序控制如图1所示。具体主要程序模块为FC2006（炉顶阀门控制）。

炉顶布料控制的程序设计

1．系统环形布料的程序设计

如果探尺发出“探尺OK”的信号，这就意味着要开始布料。高炉绝大多数都使用具有环形形状的布料，即布料流槽可以从5°到70°这样的角度中规定不同的倾斜动角，它要顺着高炉中心轴线来回地摆动，与此同时，又要按照设置的环数进行旋转，如果同一种矿批已布

完，并且将要转入焦批时，输送带的旋转角就要跳变一次，每一次跳变的角度都是60°。跳变前，如果检测到矿批已经布完，机器就会发出料空的报警信号，根据此信号来跳变。这时，下料闸料流阀按预定的开度打开，其开度大小可获得不同的料流速度。

1）可以在环形形状的布料方式中，按照要求设置出环形形状布料方式运行表，依据料批的实际情况，设置十格，它们可以运用A、B、C、D、E这五种方式进行循环运行。也就是按照A—B—C—D—E—A的顺序循环运行，如果下料罐发出料空的报警信号时，就会自动进位。根据料批的种类，例如焦炭或矿石，分别按照六个格去设定布料器旋转环数和料流阀的开度数值。如果是同一种材料开度数值是相同的。

2）依据所设三条料线，每条料线设置了六个格子，这样可以调节成不同的倾斜动角和环数。采用一个DFB功能模块，把设计好的值输送到运行值中去，使编程更加简单。循环周期控制程序用语叙述一下：开始时周期数清零，当得到下料罐料空信号时周期数加一，当逐次加到9时，周期数重新开始。

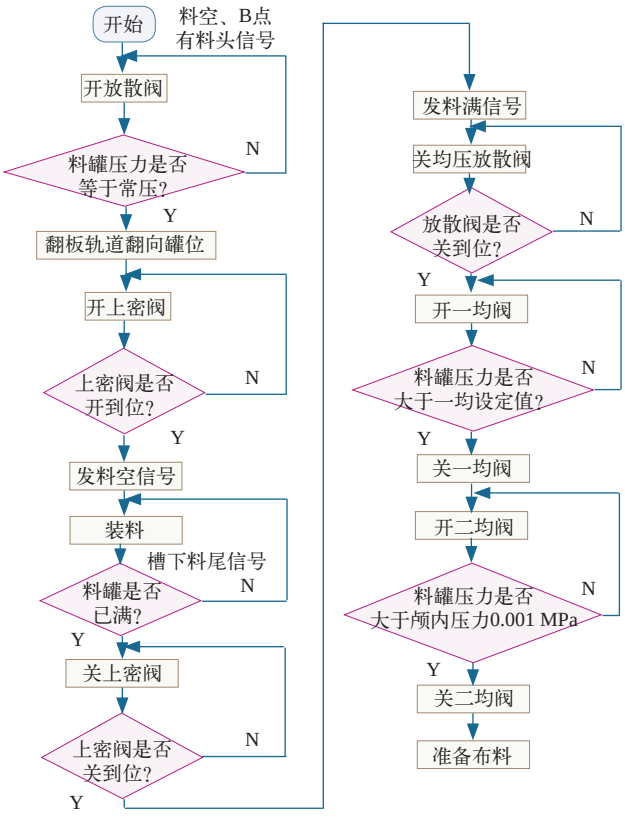

图1　装料程序框图

2．布料溜槽精度的控制

在布料过程控制中，下料闸的开度、布料溜槽的倾度及旋转的角度精度控制十分重要。高炉有很多种布料方式，除了本高炉所使用的环形布料外，还有扇形布料和螺旋形布料等，图2所示为下料闸和布料溜槽的工作示意图。

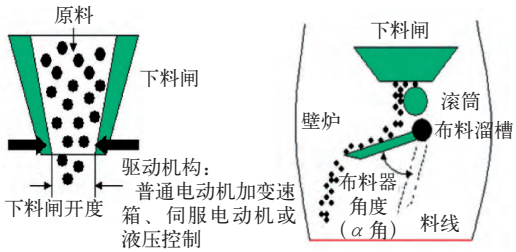

图2　下料闸及布料溜槽工作示意图

当原料经过主输送带装入炉顶料灌后，系统就会发出布料指令，下料闸首先动作工艺指定开角度（即γ角），炉料由布料滚筒至布料溜槽，布料溜槽倾动工艺要求角度（即α角）。与此同时，布料溜槽沿着水平面以一定的速度均匀旋转（即β角）。在上述动作的精确控制下，炉料就被均匀地布至高炉内。

基于以上分析，α、β、γ三个角度的控制是整个布料工艺的关键。下面以布料溜槽（即α角）为例简述其精度的控制。

3．溜槽的倾动与定位控制

系统设计由变频器所控制的交流电动机来进行布料溜槽的倾动定位控制，倾动速度为1.6°/s，正常工作倾角范围为：2°～53°。溜槽的具体位置反馈信息为BCD码信号。如果出现PLC给变频器的信号数值在4～20 mA，那么对应到变频器的速度是0～1 470 r/min的转速或对应到溜槽的倾斜动速度是0～2.67°/s。

如果要使溜槽的定位精确度能够达到±0.2°，必须在程序中对溜槽的倾斜动速度进行合理的设计。让溜槽一开始就以最大速度倾斜运动，如果溜槽和目标角度相差2°时，它将以三分之一最大速度进行倾斜运动。

溜槽的位置是通过一个位置传感器检测的，自动模式中，PLC是通过PID来定位溜槽的。倾动电动机设置了两个自整角机编码器，控制计算机比较倾动给定值和倾动实际值，并将溜槽倾动到理想位置（保证偏差在0.2°内）。为了达到准确度较高的控制，同时响应速度快，在PLC逻辑

控制中采用了PID调节控制方法，其具体程序流程如图3所示。

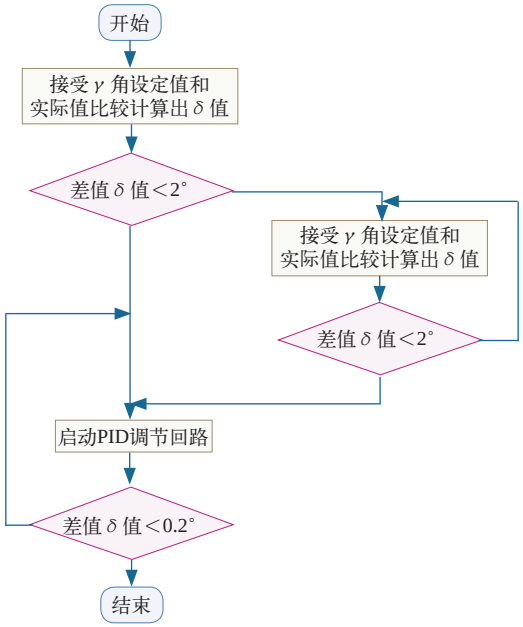

图3　布料溜槽程序控制框图

首先计算γ角（给定值）和实际反馈值的差值δ，如果δ＞某角度（图示2°），则给定于直流电动机驱动装置较大步长，系统响应快，如果δ＜某角度，γ角与给定值几乎相等，系统则自动进行PID控制调节，调节过程中δ值逐渐变小，控制系统所对应的调节幅度也会按照比例逐步减小，直到为零结束。

PID调节的各项参数（比例、微分、积分系数，延时时间，偏移量等）必须反复调试才能达到最好效果，确保较高的控制精度。

具体的控制策略是：若倾动给定值大于实际值0.3°以上，则倾动电动机上倾；若倾动给定值小于实际值0.3°以上，则倾动电动机下倾；若倾动给定值和实际值偏差的绝对值大于3.5°，则快速倾动；若倾动给定值和实际值偏差的绝对值大于0.3°且小于0.5°，则慢速倾动；若倾动给定值和实际值偏差的绝对值小于0.3°，则停止倾动。

炉顶控制系统监控组态软件的设计

应用工业监控组态软件WinCC的设计完成对此系统流程的监控，画面的形式将高炉的整个上料运行过程的参数以及工艺流程反映出来，工作人员通过工控机就可以实时地了解到所有信息和参数变化，高炉的炉顶流程过程如图4所示可以进行控制高炉炉顶材料罐、布料的溜槽、探测尺等执行件的实时操作和高炉炉顶的各种监视控制仪器的检测数值。系统中针对布料器的操作及料线的设定、探尺的操作界面及相应的注释如图5、图6所示，使整个系统的自动化技术改造得以完好体现。

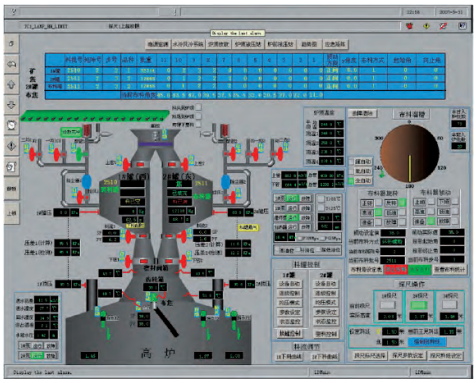

图4　炉顶控制操作界面

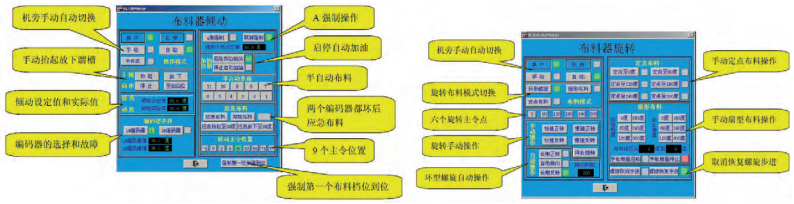

图5　布料器的控制操作界面

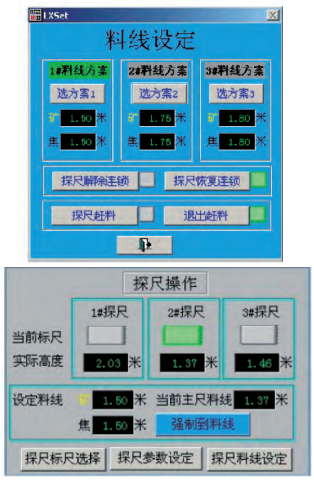

图6　料线及探尺控制操作界面

结束语

基于S7－400编程软件及工业监控组态软件WinCC，通过对炉顶装料及布料工艺过程分析，完成了对自动装料及环形的程序设计，针对布料溜槽的精度控制进行了分析，实现了对本高炉炉顶控制系统的工艺改进，经过实践，具有实际应用的经济意义。EA

（收稿日期：2018.03.27）
（编辑：朱金凤）