

「节能改造」

基于PLC和变频器在钢管水淬内喷、外淋水处理系统中的节能改造

文/湖南衡阳华菱钢管（集团）有限公司管加工分厂 胡朝阳 周四新 张志坚 刘文韬

简单介绍钢管水淬的工作原理和水淬内喷、外淋水处理系统，并对水处理月吨管电耗高原因进行分析。供水泵由软启动器驱动改为由艾默生变频器控制，变频器采取Profibus-DP通讯协议规划网络组态，通过硬线电缆解决水处理系统与淬间PLC信号交接、采集，通过PID调节，优化PLC控制程序，编辑WINCC上位机参数设置界面，从而达到方便操作和节能降耗的目的。

热处理线的电耗主要由两部分组成，一部分是热处理生产线设备运行耗电，另一部分则是水淬内喷、外淋水处理系统耗电，据统计水处理系统电耗高居热处理线电耗的50%以上。因此降低水处理电耗是降低热处理生产成本的一条重要途径。

管加工3#热处理线水处理系统有4台内喷泵，工作压力0.6~0.7 MPa，最大工作流量 $600 \times 4 (=2\,400) \text{ m}^3/\text{h}$ ，电机功率每台280 kW；有3台外淋泵，工作压力0.3~0.4 MPa，最大工作流量 $800 \times 3 (=2\,400) \text{ m}^3/\text{h}$ 电机功率每台160 kW，内喷、外淋水泵原设计采用奥托QB-42-320型软启动器驱动。3#热处理线于2014年4月投入试生产，通过半年的试生产，3#热处理线吨管水处理电耗平均达到130 kW·h/t。远远大于管加工1#、2#热处理线的消耗指标。2014年4月至8月变频改造前，水处理系统月耗电量如表1所示。

表1 变频器改造前水处理系统月耗电量

月份	4月份	5月份	6月份	7月份	8月份
总电耗/(万kW·h)	71.2	63.9	48.8	30.9	57.3
产量/t	4 753	4 019	3 375	2 565	4 620
平均电耗/(kW·h/t)	149.7	159	144.6	120.6	124

水处理系统电耗高原因分析

水淬工作原理：钢管在经过工业炉高温加热后，在水淬旋转托辊工位，通过向钢管外表面均匀淋水，同时水淬锥形喷嘴向钢管内表面进行带压喷水，使钢管内外表面急速冷却，从而达到所需的工艺性能。钢管水淬完成后，外淋水通过挡水板流入积水盆，最后通过回水沟流入铁皮坑；内喷三通阀关闭，内喷水通过回水管回流到铁皮坑。铁皮坑内水通过长轴泵提升至冷却塔及淬火浊环水池，作为内喷、外淋工作水等待下一个工作周期。水淬内喷、外淋水系统原理图如图1所示。

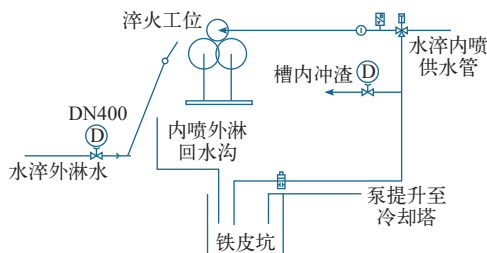


图1 内喷、外淋水系统原理图

通过以上水淬原理分析，钢管水淬时，生产节奏大概是一分钟一根。在一个循环周期内，钢管只有在水淬的过程中需要内喷、外淋水，这段

时间大约只有15 s左右,剩下的大部分时间内喷、外淋水是通过水泵直接将水通过回水管流回系统,这段时间水泵做的是无用功。基于以上分析可以结合不同的生产特点,通过变频器控制水泵在钢管需要内喷、外淋时水泵满负荷运行,而内喷、外淋完成后,剩余的时间完全可以将内喷、外淋的水泵运行频率降下来,低频运行,从而达到节能的目的。

内喷、外淋的水量是热处理生产线两项最重要的工艺参数,因此内喷、外淋的水量控制一直是热处理生产线的关键一环。以前热处理的操作工一般是根据经验,通过开几台泵的方式来计量内喷、外淋的流量,后来则根据工艺技术人员要求的流量范围通过手动调节阀门开度来控制内喷、外淋的流量。这两种方式都受人为主观因素影响大,流量值随意性大,无法保证钢管水淬质量的

稳定。同时由于流量值是一个范围值,也造成电浪费。

解决方案

针对以上问题的分析分厂专门成立了降低3#热处理线水处理电耗项目组。如果要降低水处理电耗,则内喷、外淋供水泵必须要可控,即决定采用变频器替换软启动器驱动。

外淋共有3台泵,每台泵功率为160 kW,采用了3台艾默生EV2000变频器控制;4台内喷泵,每台泵功率为280 kW,采用4台艾默生EV2800水泵变频器。外淋3台变频器由于没有通讯卡,直接采用PLC模拟量输出模块来控制频率给定;内喷4台泵采用Profibus-DP网络控制。变频器柜就位、线路连接、网络组态、参数设置和运行测试等工作均由自己完成。硬件组态如图2所示。

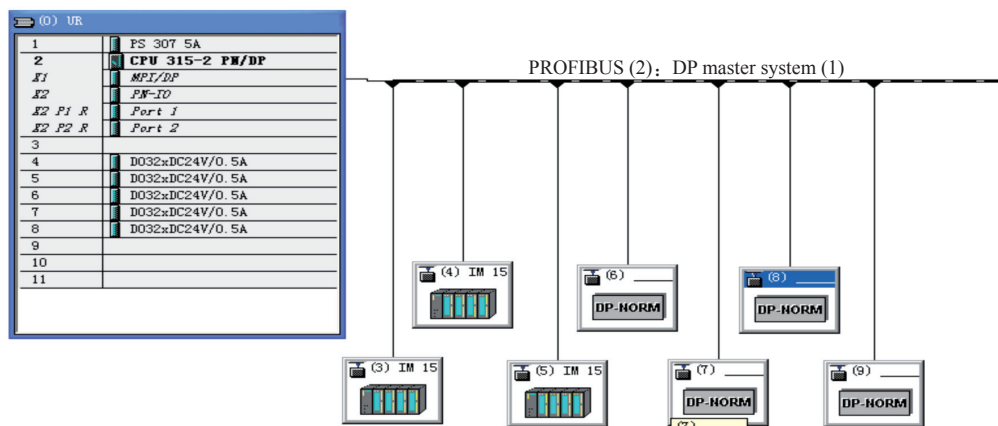


图2 水处理系统PLC硬件组态

为了达到内喷、外淋水泵控制的目的,需要在水处理系统与热处理水淬系统之间敷设电缆,采集水淬系统的内喷、外淋流量值,内喷、外淋流量值通过一进两出的信号隔离器,一路信号进水处理PLC系统参与变频器控制,另外一路信号进水淬PLC系统,在上位机上显示内喷、外淋流量曲线并保存。

建立水处理系统PLC与水淬PLC间信号交接,完成内喷、外淋变频器高、低频率切换。即当钢管到达水淬工位需要水淬时,变频器加速到需要的频率运行,达到正常生产工艺所要求的流量值;水淬完成后,内喷、外淋泵低频运行,将流量降下来,降低供水泵做无用功时电能损耗。高、低频率切换PLC控制程序如图3所示。

针对传统的流量控制方式,可以通过水淬上位机设定钢管需要的内喷、外淋值,根据系统反馈的流量值然后通过编制程序闭环控制,通过PID调节实现内喷、外淋流量自动调节,PID调节控制程序如图4所示。即操作工只要生产前将工艺要求的流量值从上位机输入,内喷、外淋变频器将自动调节到相应的频率,达到要求的流量值,通过这种方式既可以减少操作工对流量值设置的随意性。当操作工不能及时发现管道泄漏时,变频器可以通过闭环控制,在一定范围内补偿泄漏的流量,以确保流量稳定。避免出现流量不够钢管水淬不透的现象;同时也可避免流量偏大,大马拉小车浪费电能的现象。水处理系统HMI上位机流量、频率调节参数设置界面如图5所示。

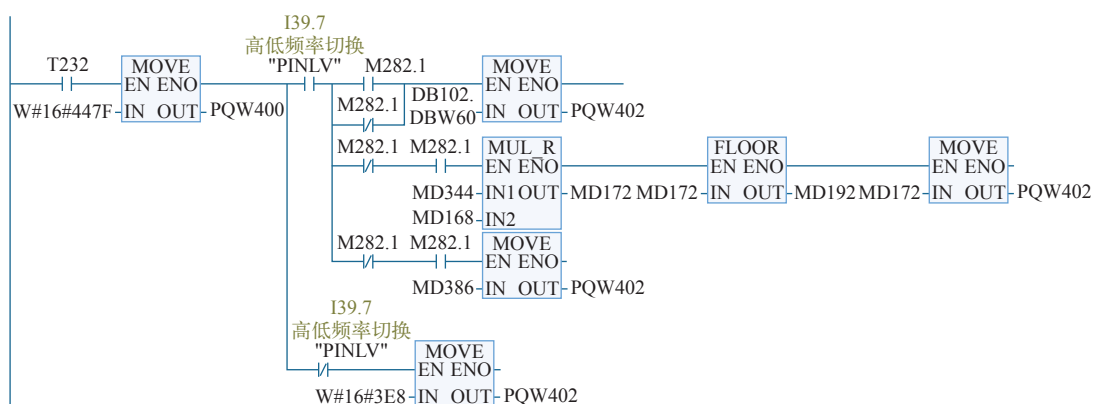


图3 内喷高、低频率切换PLC程序

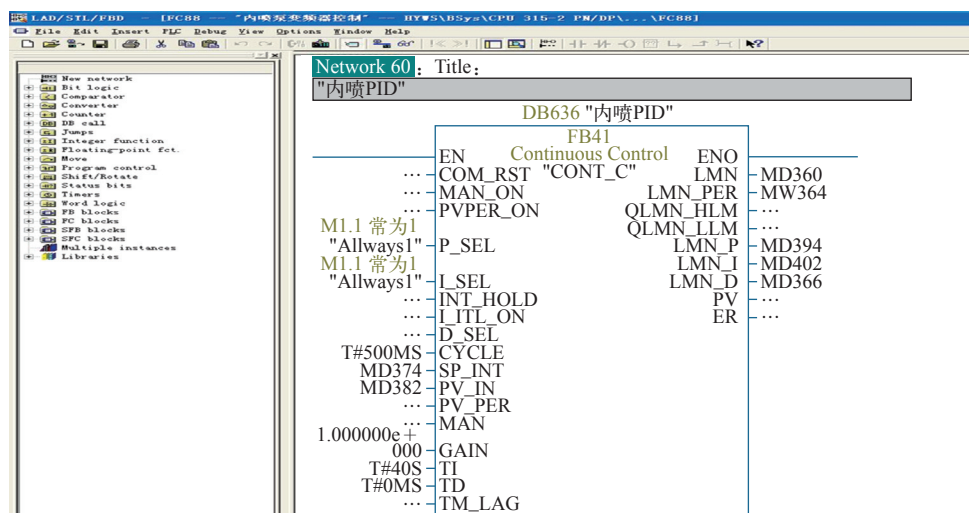


图4 内喷PID调节程序

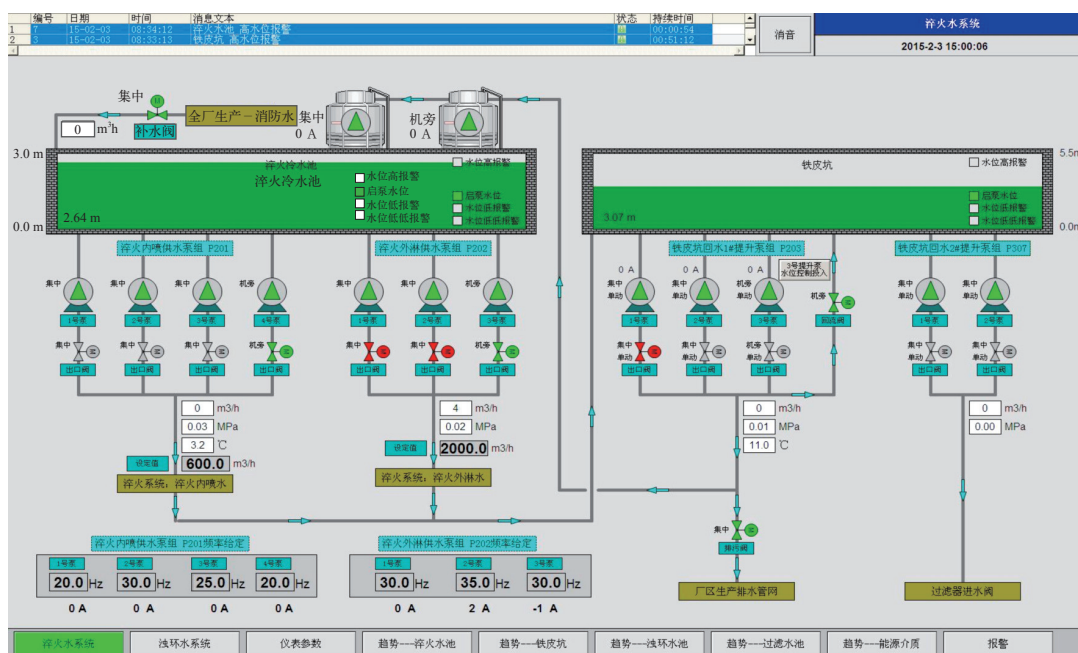
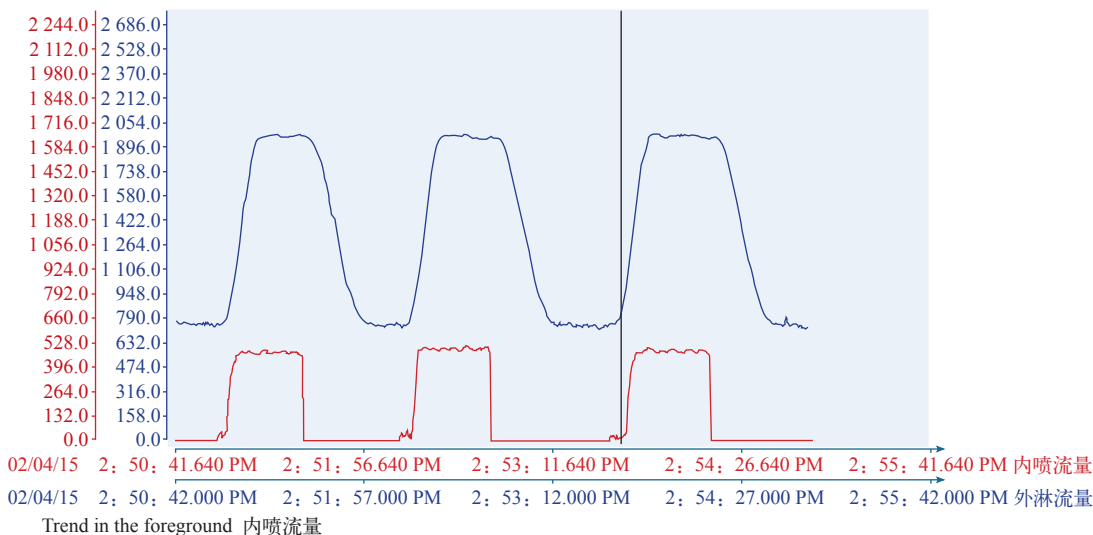


图5 水处理上位机流量、频率调节参数设置界面

通过变频改造后，查询历史流量曲线，可以发现流量经自动调整后的精度控制在 $\pm 5\%$ 以内，流量达到最大值的时间大约5 s就能满足工艺要求。内喷、外淋变频器改造后，钢管水淬时，流量历史曲线如图6所示。

成果的创造性与先进性

- 1) 该种控制方式技术成熟，尤其是结合现场生产情况控制水泵的流量，既经济又可靠。
- 2) 通过水泵变频运行节能效果明显。
- 3) 减少水泵运行时间，降低水泵损耗。



Trend	Tag Connection	Value	Date/Time
内喷流量	ProcessValueArchive\内喷流量	20.83 334	02/04/15 2: 53: 38.640 PM
外淋流量	ProcessValueArchive\外淋流量	835.503 479	02/04/15 2: 53: 39.140 PM

vv图6 变频器改造后内喷、外淋流量曲线图

改造后的经济效益

正常生产时若外淋流量为 $1\ 600\ \text{m}^3/\text{h}$ ，内喷流量为 $800\ \text{m}^3/\text{h}$ ，需要开2台外淋水泵、2台内喷泵，内喷、外淋时间15 s，生产节奏为一分钟一根，内喷、外淋时水泵运行频率45 Hz，其他时间低频运行频率20 Hz，每小时节能： $(280 \times 2 + 160 \times 2) \times 0.75 \times 2/3 \times 0.62 = 272$ 元，若每年按设计6 600 h

工作，则全年可节能180万元。由于水泵降频运行后，回水量较少，相应的回水长轴泵运行时间也大大减少，这部分能耗也可以减少。

通过对内喷、外淋流量的自动调整，保证了钢管水淬质量的稳定性，对于热处理生产线的过程质量控制起到了举足轻重的作用。水淬内喷、外淋变频节能改造前后，水处理月度电耗如表2所示。

表2 改造前后月均电耗对比表

月份	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
总电耗/ (万kW·h)	71.2	63.9	48.8	30.9	57.3	54.9	43.4	20	22.8
产量/t	4 753	4 019	3 375	2 565	4 620	7 846	5 972	2 533	2 965
平均电耗/ (kW·h)	149.7	159	144.6	120.6	124	70	72.6	79	77

(收稿日期: 2017.09.01)

(编辑: 刘群焱)