

# 人机界面在涡流探伤控制系统中的应用

董欣,赵洪贤,韩晓华

(山东省科学院激光研究所,山东 济宁 272017)

**摘要:**介绍了涡流探伤设备的组成及主要功能,以及人机界面的设计和运用,并给出了系统实现的方案。实践证明,该系统设计合理,性能稳定可靠,实现了涡流探伤设备的智能化、自动化,提高了生产效率。

**关键词:**PLC;涡流探伤;伺服系统;人机界面

**中图分类号:**TP271 **文献标识码:**B

## Application of human-machine interface in an eddy current testing control system

DONG Xin, ZHAO Hong-xian, HAN Xiao-hua

(Laser Institute, Shandong Academy of Sciences, Jining 272107, China)

**Abstract:** This paper presents the components of an eddy current testing instrument, its major functionalities, design and implementation of human-machine interface (HMI). This paper also gives a concrete implementation scheme of such an instrument. Experiment shows that the instrument is reasonable, stable and reliable and can realize intelligent and automatic detection. It therefore improves production efficiency.

**Key words:** PLC;ET;Servo System;HMI

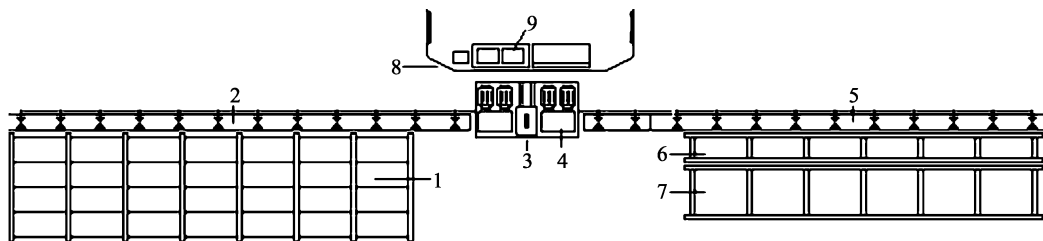
宝钢股份有限公司特殊钢分公司核电蒸发器用管国产化项目——NEM230 涡流探伤设备由山东省科学院激光研究所总承包,进行工艺、非标设备和自动化系统设计及软件编程调试。在机械设计方面,在以往设备的基础上在磁饱和进、出口端各加了一组精密的三辊定心机构。为防止不锈钢管在探伤过程中出现划痕,在整套设备凡是与钢管接触的表面上都用聚胺酯加以保护。电器控制方面,在传统模式的基础上又设计了人机监控界面 HMI<sup>[1]</sup>,调试时样管能自动运行,方便周向差、误报率、漏报率的测试。辊道调速方面设计了高、中、低三个档速,每个档速的频率在规定范围内可调,主机的高度采用编码器反馈系统自动对中,现场的使用中得到了极大的认可。

## 1 系统概述

### 1.1 系统组成

NEM230 涡流探伤设备组成如图 1 所示,主要由上料台架、传输辊道、料槽、主机、辅机、人机界面、仪器

等组成。



1 上料架 2 前传输辊道 3 中央主机 4 定心装置 5 后传输辊道 6 废品槽 7 合格品槽 8 操作室 9 涡流仪及人机界面 HMI

图1 设备的组成

Fig.1 Equipment components

## 1.2 主要功能

设备主要功能是对无缝管进行在线或离线的无损检测<sup>[2]</sup>,实现合格品与不合格品的分选,主要包括以下几个部分:

(1)传送系统:传送系统由伺服驱动传送料辊,根据探伤需要,分段控制启停;

(2)变频调速系统:根据正常探伤和调试样管及不同管径的钢管在V形辊道上传送速度不同,调速方面设计了高、中、低三个档速,可根据管径大小及探伤需要合理选择不同的速度;

(3)升降系统:不同管径的钢管穿过磁饱和装置时的高度不同,需要结合钢管直径调节磁饱和的中心高,在升降装置的升降机主轴上安装增量式编码器,对升降行程进行控制(通过PLC编程实现);

(4)涡流探伤仪:钢管穿过检测装置时,涡流探伤仪自动采集信号并进行处理,处理结果送入PLC;

(5)退磁系统:钢管在探伤过程中需要磁化才能达到良好的检测效果,因此需要在探伤完成后及时地对钢管进行消磁处理;

(6)电气控制系统:电气系统主要由PLC、变频器、伺服系统<sup>[3-4]</sup>、编码器、人机界面等组成。

## 2 人机界面的设计

人机界面用于参数的输入和控制命令的发出,整个HMI监控系统采用菜单式结构,由监控主画面(图2)及相应功能子画面组成。在监控主画面的菜单中有对应的下拉菜单,按下拉菜单可以依次进入相应子画面,执行所需的功能。在子画面中可通过返回键回到主画面。系统自动采集相关数据,钢管信息如炉号、规格、探伤速度、合格品支数、不合格品支数等一些重要生产信息显示在主画面上,便于操作人员的观察,系统还具有与上位机通讯功能,可随时将探伤结果上传到管理层,便于管理者与操作者之间的及时沟通。

监控主画面上还有生产过程的动态画面显示,在动态画面上以各种形式模拟出主要控制设备的运行情况,例如钢管的运行状态与位置、接近开关的动作、电磁阀的吸合、气缸的动作、辊道的正、反转等,可以直观、生动地反映出探伤的真实过程,方便操作人员对生产情况、设备运行状况的了解。

## 3 控制系统设计

### 3.1 控制系统组态图

该涡流探伤设备的控制系统<sup>[5-6]</sup>如图3所示,主要由西门子S7-300系列PLC(CPU:315-2DP)、变频器、

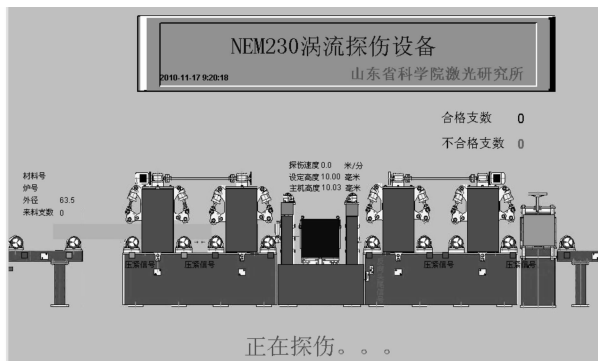


图2 探伤设备系统监控图

Fig.2 Equipment HMI

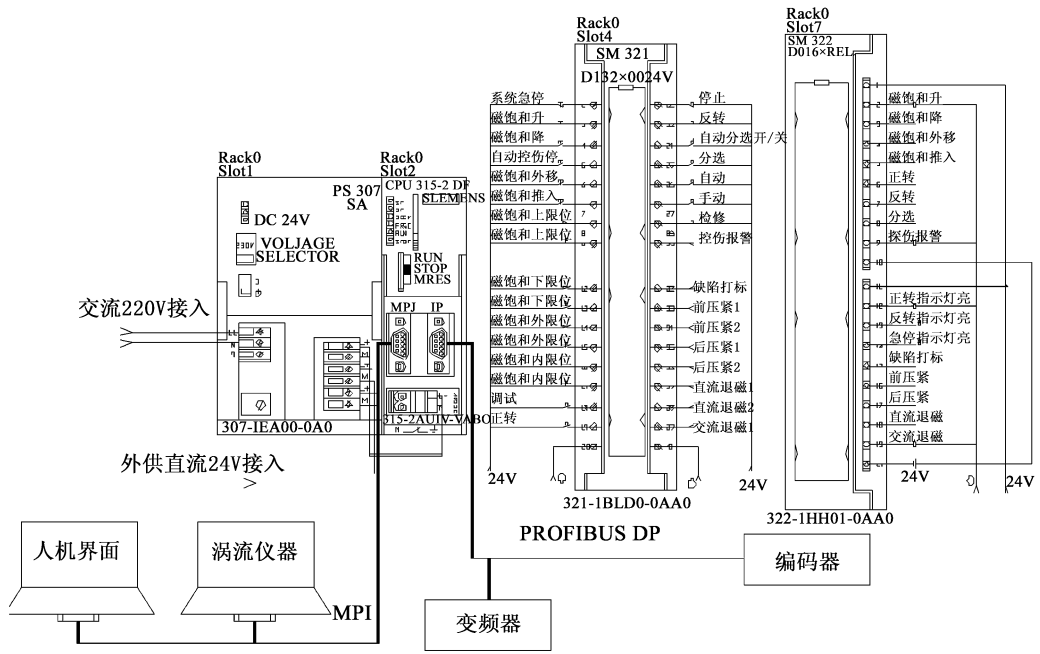


图3 控制系统组态图

Fig.3 Control system configuration diagram

传感器、编码器、人机界面、操作台、辊道电机、磁饱和升降电机及退磁等组成，设备配置德国DEFECTOMAT CI 2.812型涡流探伤器。其中，PLC是整个系统的核心，进行信号处理、逻辑控制、合格品与不合格品的分选、资料的处理，其性能决定了整个系统的品质。

不同规格的钢管只要在人机界面参数设置时，输入钢管管径、压紧装置和磁饱和的中心高便能根据管径的大小自动调整工作高度，速度的调整也可根据管径的大小能动调节变频器的频率来调节，提高了生产效率。辊道电机由变频器控制，通过HMI可调V形传送辊的速度；磁饱和的中心高可通过HMI设置参数，由PLC和编码器反馈<sup>[7]</sup>来控制磁饱和装置的上升或下降；压辊的高度、钢管传送的线速度及磁饱和的中心高均为调整参数，在人机界面上只要设定钢管的管径就可以调整，非常方便，富于人性化。PLC内部程序是控制设备自动运行的关键部分，可视化的显示画面能够更为生动地反应探伤设备的运行情况。探伤工不仅可以通过文本信息得知哪个设备造成了停机，而且还能够在画面上观察到设备的情况，并指示出故障设备的位置。

### 3.2 功能实现

#### 3.2.1 磁饱和中心高的调节

编码器用于提供高度的反馈信号，和PLC、伺服系统构成一个闭环控制系统<sup>[8]</sup>，在字典维护的规格一栏，将各种规格的管对应的升降平台高度输入到规格表中。在探伤设备系统监控图(图2)中输入钢管外径，按自动升降按钮后，平台便在PLC控制下(由编码器反馈)自动升降到相应的高度，见图4。

字典维护			
选择字典			备注
序号	规格	平台设定	
1	42	0	
2	48	3.31	
3	51	5.2	
4	57	7.7	
5	63.5	11.861	
6	73	17.102	
7	76	18.257	
8	89	25.929	
9	108	34.75	
10	114	59.3	
11	159	64.548	
12	168	68.7	
13	178	75.03	
14	219	96.72	
15	230	103.718	

图4 钢管规格与平台高度对照

Fig.4 Steel pipe specifications and platform height cross-references

### 3.2.2 产品基本信息的录入

用于探伤的产品的信息如规格、炉号、批号、钢号、来料支数等都是探伤过程中必不可少的信息,信息的录入可以从产品基本信息子菜单中人工输入,也可以从框号后面的加载按钮从上级下传的探伤任务中加载。探伤完成后这些信息将和其它探伤信息行动生成探伤报表,用于记录并管理整个探伤产品的信息,见图5。

### 3.2.3 探伤结果的上传

钢管探伤完毕,要求将探伤产品的信息,尤其是产品的一次合格率和总合格率及时上传到管理层,便于管理层最快地了解产品的生产情况,及时发现问题并着手解决问题。探伤报表除有产品的基本信息外,还有探伤支数及合格率的统计、探伤时间及操作人等详细信息,见图6。

### 3.2.4 调试功能

探伤前或探伤过程中需要对样管进行校样<sup>[9]</sup>,调试功能主要用于对样管的调试,调试过程中需要样管不停地在辊道上正、反转切换,详细地记录每次运行的情况,减少人工按键来进行正、反转切换,更快、更准确地记录样管的调试结果。系统设有调试功能,在主机的进、出口端各设有一个传感器,利用传感器得到的信号自动控制样管的运转,样管往返运行的次数可在人机界面上预设。

### 3.2.5 其它功能

通过面板或者人机界面可以实现正转、停止、反转、上料、下料、分选、报警、打标等功能。在运行的时候可以检测并显示钢管运行线速度,记录合格品与不合格品的支数,并可实现清零。

## 4 结束语

山东省科学院激光研究所生产的 NEM230 涡流探伤设备在宝钢股份特钢热挤压项目的运行考验中,未发生一次异常故障,可靠性达 100%,各项性能测试均好于 YB/T4083-2000<sup>[10]</sup>所规定的要求,同时利用友好的人机界面可实现现场监控以及工艺参数的现场设置和修改,显示出了巨大优势,获得了宝钢股份的高度评价。现场探伤过程表明,整套装置运行稳定、可靠,自动化程度高,具有良好的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 廖常初. 西门子人机界面组态与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [2] 任吉林. 电磁检测[M]. 北京:航空工业出版社,2000.
- [3] 文怀兴,雷晓丽. 四自由度绘图机器人的控制系统设计[J]. 组合机床与自动化加工技术,2010,11:64-67,70.

图5 产品基本信息

Fig. 5 Product basic information

图6 探伤结果上传子画面

Fig. 6 upload the results of eddy current testing

- [5]JIANG C H, BHATTACHARYYA A ,SHA C K. Enantiospecific total synthesis of ( - )-bakkenolide III and formal total synthesis of ( - )-bakkenolides B, C, H, L, V, and X[J]. *Org Lett*, 2007, 9(17): 3241 – 3243.
- [6]FARIA M L, MAGALHAES R A, SILVA, F C, et al. Enantiodivergent syntheses of cycloheptenone intermediates for guaianes sesquiterpenes[J]. *Tetrahedron: Asymmetry*, 2000, 11(20):4093 – 4103.
- [7]MOU L Y, ZHU L Y, LIU Z Y, et al. Stereoselective total synthesis of chrysanthemol[J]. *Journal of Asian Natural Products Research*, 2001, 3(2):103 – 116.
- [8]SHIMODA K, KUBOTA N, HAMADA H, et al. Asymmetric reduction of enones with *synechococcus* sp. PCC 7942 [J]. *Tetrahedron: Asymmetry*, 2004, 15(11):1677 – 1679.
- [9]YADAV J S, REDDY G, SABITHA G, et al. *Daucus carota* and baker's yeast mediated bio-reduction of prochiral ketones[J]. *Tetrahedron: Asymmetry*, 2007, 18(6): 717 – 723.
- [10]CHANDRASEKHAR S, CHANDRASHEKAR G, REDDY M S, et al. A facile and chemoselective conjugate reduction using polymethylhydrosiloxane (PMHS) and catalytic B(C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>)<sub>3</sub>[J]. *Org Biomol Chem*, 2006, 4(9):1650 – 1652.
- [11]ALONSO F, OSANTE I, YUS M. Conjugate reduction of  $\alpha,\beta$ -unsaturated carbonyl compounds promoted by nickel nanoparticles [J]. *Synlett*, 2006, 18:3017 – 3020.
- [12]张永华,张国玺,郭雪清,等. 二氢香芹醇的合成研究[J]. *化学世界*, 1997, 38(10):520 – 523.
- [13]丁辰元,张永华,张钟宪. 二氢香芹醇的研制[J]. *首都师范大学学报*, 1993, 14(3):53 – 56.
- [14]刘美艳,俞善信,管仕斌. 催化酯化合成丁酸正丁酯的研究进展[J]. *化工中间体*, 2007(8):18 – 23.

---

(上接第 93 页)

- [4]曾志伦,王长林. 车载设备人机界面 DMI 的设计与实现[J]. *中国水运*, 2010, 10(12):129 – 130.
- [5]西门子(中国)有限公司. S7-300 可编程序控制器[EB/OL]. [2010-12-10]. [http://www. gzkeying. com/UploadFiles/File/20078101746251. pdf](http://www.gzkeying.com/UploadFiles/File/20078101746251.pdf)
- [6]李瑞先. 组态王软件在监控系统中的应用[J]. *电器传动自动化*, 2006, 28(5):49 – 51.
- [7]郑则名,邝穗芳. 电器与可编程控制器应用技术[M]. 北京:机械工业出版社,1997.
- [8]天津电器传动研究所. 电器传动自动化技术手册[M]. 第 2 版. 北京:机械工业出版社,2006.
- [9]李嘉伟. 无损检测[M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [10]YBT 4083-2000, 钢管自动涡流探伤系统综合性能测试方法[S].