

基于HMI与PLC的位移闭环控制系统在大型钢管防腐涂层自动涂装生产线上的应用

范列朋¹, 石海钦², 雷俊²

(1. 宁波市象山防腐工程有限公司, 浙江 宁波 315010; 2. 浙江龙驰防腐技术有限公司, 浙江 宁波 315010)

摘要: 针对大型钢管防腐涂层在自动涂装生产线中由于大型钢管的行进速度变化不均造成漆膜厚度不均匀、油漆损耗过大的问题, 在大型钢管防腐涂层自动涂装生产线中采用了人机界面(HMI)与可编程控制器(PLC)控制系统、激光位移传感器测速装置对大型钢管行进速度实行闭环控制, 控制大型钢管匀速行进。通过实际应用分析, 对比测量开环、闭环速度历史曲线变化情况, 同时在喷涂参数相同的情况下, 研究了闭环控制前和闭环控制后大型钢管防腐涂层漆膜厚度的变化情况。研究表明: 基于HMI与PLC的位移闭环控制系统能有效地解决由于大型钢管在行进过程中速度变化不均所造成的漆膜厚度不均匀、油漆损耗过大的问题, 漆膜厚度的变化幅度由原 $\pm 30\%$ 降至 $\pm 10\%$ 左右, 证明基于HMI与PLC的位移闭环控制系统在大型钢管防腐涂层自动涂装生产线上的应用是可行的。

关键词: 人机界面; 可编程控制器; 闭环控制; 防腐涂层

中图分类号: TH39; TG178 文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)06-0733-04

Application of displacement closed loop control system based on HMI and PLC in automatic anti-corrosion coating production line for large steel pipes

FAN Lie-peng¹, SHI Hai-qin², LEI Jun²

(1. Ningbo Xiangshan Corrosion Control Engineering Co., Ltd., Ningbo 315010, China;

2. Zhejiang Longkey Corrosion Control Technology Co., Ltd., Ningbo 315010, China)

Abstract: Aiming at the problems of uneven film thickness of large steel pipe anti-corrosion coating and large loss of paint due to the speed change inequality of large steel pipe on the automatic coating line, the human machine interface(HMI) and programmable logic controller(PLC) control system and speed measurement equipment of laser displacement sensor were applied in large steel pipe automatic anti-corrosion coating line for closed-loop control of steel pipe moving speed to keep uniform speed of steel pipe running. The film thickness changes of large steel pipe anti-corrosion coating before and after closed-loop control were tested in the case of the same spray parameters through practical application analysis and contrastive measurement of the speed history curve of open-loop and closed-loop. The results indicate that the displacement closed-loop control system based on HMI and PLC can effectively improve the problems of uneven film thickness and large loss of paint due to the speed change inequality in the process of large steel pipe running. The film thickness change rang is reduced from $\pm 30\%$ down to about $\pm 10\%$, which means that the displacement closed loop control system based on HMI and PLC in automatic anti-corrosion coating production line for large steel pipes is feasible.

Key words: human machine interface(HMI); programmable logic controller(PLC); closed loop control; anti-corrosion coating

0 引言

目前, 大型钢管的防腐涂装主要采用手工涂装和

生产线自动涂装, 随着科学技术的不断进步和社会对安全、环保、健康的重视, 越来越多的新型材料和设备应用在自动涂装生产线中, 使生产线自动涂装成为大

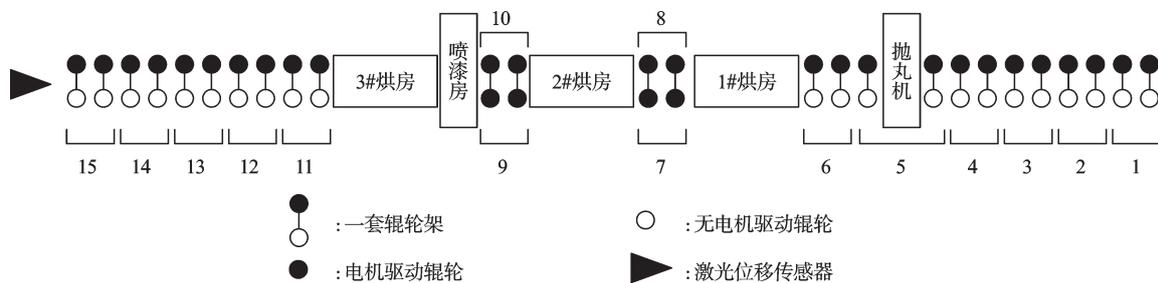


图1 大型钢管防腐涂层自动涂装生产线示意图

型钢管防腐涂装的一个趋势^[1]。钢管在大型钢管防腐涂层自动涂装生产线上采用带变频电机的滚轮传送,由于大型钢管的直径通常在0.5 m~2.4 m、长度在12 m~90 m^[2],当其在生产线滚轮架组上运动时,由于要经过喷漆房和烘房等悬空段,不可避免地会有偏心运动造成钢管的行进速度时快时慢,进而造成喷涂在钢管表面的漆膜厚度不均匀,影响涂层的质量;从油漆损耗方面来讲,会造成资源的浪费,按速度变化20%计算,油漆的损耗系数会增加40%~50%,增加了施工成本^[3-4]。

本研究将HMI与PLC控制系统、变频调速系统、激光位移传感器测速装置应用在大型钢管防腐涂层自动涂装生产线上,以解决由于钢管在行进过程中速度变化所造成的漆膜厚度不均匀、油漆损耗过大的问题,节约资源、降低成本,提高生产率^[5]。

1 工艺简介

大型钢管防腐涂层自动涂装生产线包括抛丸机系统、钢管传送系统、预热系统、喷漆系统、固化系统及冷却系统,各系统线性布置,布置方式如图1所示。图1中,1~15表示钢管传送系统1#~15#变频器各所控制的区域。钢管的传送系统由64套滚轮架组成,共计128个滚轮,各滚轮架配备一台或两台变频电机,电机驱动的滚轮共计60个,无电机驱动的滚轮68个。

大型钢管在滚轮行走系统上螺旋滚动前进,钢管表面经自动抛丸机除锈处理,再经烘房设备加热到一定的高温,迅速将油漆涂装到钢管表面,油漆接触到高温钢管后立即成膜并附着在钢管表面,再经烘干、冷却固化,出成品。

2 闭环控制系统控制原理及配置

钢管在防腐涂层自动涂装生产线进行自动喷涂时,钢管行进速度加快,漆膜厚度会变薄,反之,漆膜厚度会变厚。基于此原理,本研究利用激光位移传感器测量钢管在涂装生产线上的实时行进速度,根据测得的钢管行进速度,利用HMI、PLC和变频系统对钢管行进速度实行闭环控制^[6-7],当测定的钢管实时行进速

度低于钢管行进速度设定值时,调节变频器对滚轮架组变频电机的输出功率加大,从而使钢管行进速度加快,达到钢管匀速前进的目的,反之亦然^[8-9]。

2.1 闭环控制系统原理图

滚轮行走系统闭环控制系统原理图如图2所示。

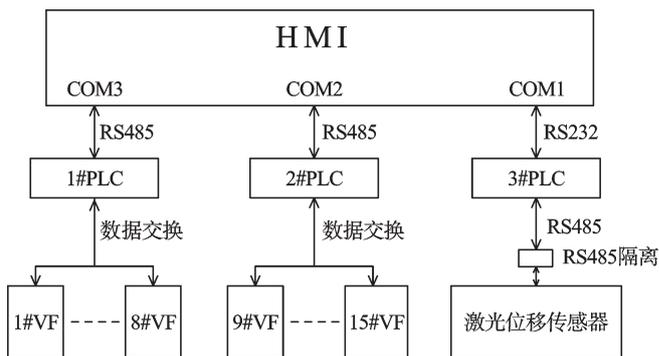


图2 闭环控制系统原理图

HMI与3个PLC之间数据交换通过它们的软件编程与组态实现。1#PLC与2#PLC与15个变频器之间数据交换:启停、正/反转由开关量实现(变频器侧接线端子DCM-FWD:正转控制信号;DCM-REV:反转控制信号);调速由4 mA~20 mA模拟量信号实现(变频器侧接线端子ACI-ACM)^[10-11]。

2.2 3#PLC与激光位移传感器通讯

激光位移传感器的命令控制:单次测量12CC,关机12AA。其输出格式:RS485;波特率:9 600 bps;地址:12。

如钢管在滚轮行走系统上行进,激光位移传感器将测到位移数据传到PLC,如:第一组数据 $S_1=69\ 186\text{ mm}$,第二组 $S_2=69\ 213\text{ mm}$,第三组 $S_3=69\ 241\text{ mm}$ 。PLC再作程序处理,得出 S_1 与 S_2 的时间差 $T_{12}=4\text{ s}$, S_2 与 S_3 的时间差 $T_{23}=4\text{ s}$ 。如此,钢管 S_1 与 S_2 的速度为:

$$V_{12}=(S_2-S_1)/T_{12}=(69\ 213-69\ 186)/4=6.75\text{ mm/s},$$

$$S_2\text{与}S_3\text{的速度为:}$$

$$V_{23}=(S_3-S_2)/T_{23}=(69\ 241-69\ 213)/4=7.00\text{ mm/s},$$

依次类推,可得出所需钢管的行进速度。在HMI上,本研究根据生产需要可设定:目标速度、上下允许偏差及调速快慢。

2.3 控制系统配置

滚轮行走系统控制系统配置如表1所示。

表1 变频控制配置表

序号	名称	型号	数量
1	HMI触摸屏	DOP-B07S415	1台
2	PLC主机	DVP48EH00R	2台
3	PLC扩充	DVP32HP00R	2台
4	PLC主机	DVP32EH00R	1台
5	4~20 mA输入模块	DVPDVP04DA-H2	4台
6	激光位移传感器	FTM-100B	1台

3 实际应用分析

3.1 开环控制情况

本研究选用钢管规格:直径914 mm,板厚25 mm,长度约52 m。滚轮行走系统以恒定30 Hz行进,即速度开环控制。HMI记录中钢管行进速度 V 随采样周期 $T(T=3\text{ s})$ 的变化曲线如图3所示。

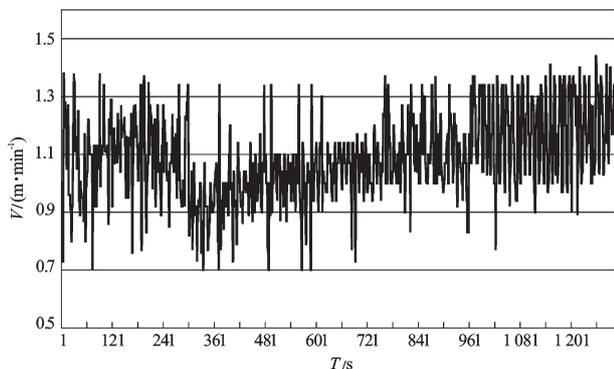


图3 速度历史曲线(开环控制情况)

图3中,钢管行进速度在0.7 m/min~1.35 m/min之间,在进入悬空段后,由于动力不足,钢管行进速度会有所变慢,出悬空段后,随着作用于钢管的滚轮数量增多,钢管速度会慢慢加快,最后趋于平稳。

3.2 闭环控制情况

本研究中,同规格钢管以设定速度行进,即采用激光位移传感器作为反馈装置的位移闭环控制。钢管以25 Hz起步,HMI设定参数如下:上偏差为0.06 m/min;下偏差为0.06 m/min;时间频率为0.5 Hz/s;设定钢管行进速度为0.6 m/min。HMI记录中钢管行进速度 V 随采样周期 $T(T=3\text{ s})$ 的变化曲线如图4所示。

从图4中可以看出:采用闭环控制后,钢管行进速度在0.5 m/min~0.8 m/min之间,平均速度基本稳定在0.6 m/min,基本克服了钢管开环控制时行进速度先慢后快的现象。

3.3 激光位移传感器闭环控制前后漆膜厚度变化

本研究选用钢管规格:直径914 mm,板厚25 mm,长度约52 m,喷漆长度49 m,速度均为0.6 m/min,闭环

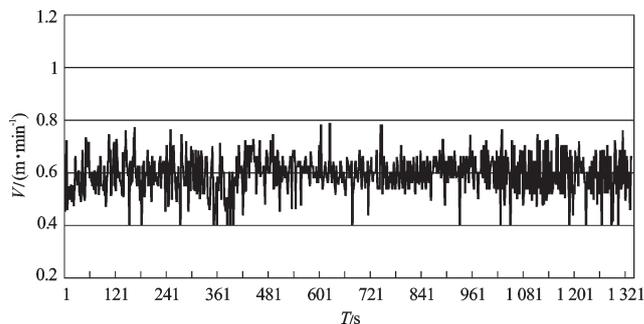


图4 速度历史曲线(闭环控制情况)

控制前后漆膜厚度与钢管长度之间的变化曲线如图5、图6所示。

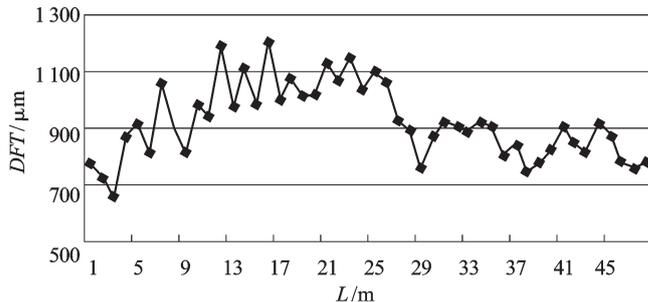


图5 闭环控制前漆膜厚度变化曲线

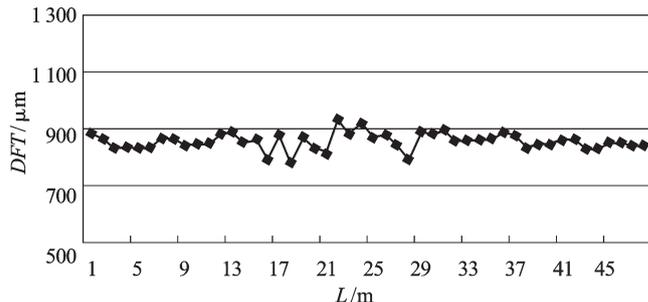


图6 闭环控制后漆膜厚度变化曲线

未利用激光位移传感器进行闭环控制的漆膜厚度变化曲线如图5所示。从图5中可看出平均漆膜厚度为920 μm ,漆膜厚度在721 μm ~1201 μm 之间变化,变化幅度大致为 $\pm 30\%$;利用激光位移传感器进行闭环控制后的漆膜厚度变化曲线如图6所示,从图6中可以看出平均漆膜厚度为858 μm ,漆膜厚度在775 μm ~930 μm 之间变化,变化幅度大致为 $\pm 10\%$ 。

因此,本研究利用激光位移传感器进行闭环控制,能大大提高漆膜厚度的均匀性,减少油漆的浪费,进而提高漆膜的防腐效果。

4 结束语

本研究介绍了大型钢管防腐涂层自动涂装生产线的工艺,并分析了引起大型钢管防腐涂层厚度不均匀及油漆损耗过大的主要原因。在此基础上,本研究首次将HMI与PLC控制系统、变频调速系统、激光位移传感器测速装置应用在大型钢管防腐涂层自动涂

装生产线上,利用闭环控制系统原理控制钢管行进速度,确保钢管在自动涂装生产线上能保持匀速行进。通过对开环速度历史曲线与闭环速度历史曲线的比较以及闭环控制前和闭环控制后大型钢管防腐涂层漆膜厚度的变化情况的比较分析。

得出的结果表明,基于HMI与PLC的位移闭环控制系统能使钢管在大型自动涂装生产线滚轮行走系统上以恒速行进,在喷漆条件固定的条件下,能提高漆膜的均匀性,确保漆膜质量,提高漆膜的防腐性能,同时还能降低成本节约资源,具有一定的工程应用价值。

参考文献(References):

- [1] 孟繁强,姚慧健,孙华林,等. 无溶剂聚氨酯涂料在大口径钢管顶管工程中的应用[J]. 中国给水排水,2007,23(2):96-98.
- [2] 张自力,李 华,魏铁成,等. 大口径钢管内涂层涂覆设备的设计与应用[J]. 涂装与电镀,2009(5):12-16.
- [3] 符红羽. PLC在涂装生产线中的应用[J]. 机电工程技术,2001,30(4):37-38.
- [4] 赵红顺,葛朝阳. 基于PLC和变频技术控制的金属涂覆生产线[J]. 自动化博览,2008(4):64-65.
- [5] 王 丽. 基于自动生产线控制系统的应用[D]. 合肥:合肥工业大学,2010.
- [6] 谢汝生,张松顺,贺思德. HMI在PLC控制系统中核子秤评定系统中的应用[J]. 计算机测量与控制,2002,10(6):388-389.
- [7] 陆秀玲. 提高PLC控制系统可靠性的措施[J]. 机电工程技术,2004,33(1):71-72.
- [8] 冯焕银,何世恩,谭子美. 闭环控制的调速系统研究[J]. 西部探矿工程,2010(8):90-92.
- [9] 黄元辉. 多普勒激光测速技术在二次冷轧机组中的应用[J]. 宝钢技术,2005(6):23-26.
- [10] 侯冠华,刘 磊,周 涛,等. 多普勒激光测速仪在冷轧带钢厚度控制中的应用[J]. 自动化应用,2010(7):60-62.
- [11] 冯星华,张海洪,谈士力. PLC与个人计算机间串行通讯及程序设计[J]. 机电一体化,2000(1):21-24.

[编辑:李 辉]

(上接第732页)

3 结束语

本研究采用导航圆方法,解决了平面轨迹跟踪问题中偏移量和运动方向的综合问题。相比于“单独计算角度偏差和距离偏差,然后对二者进行加权处理”的方法,本研究所介绍算法在轨迹跟踪时将复杂的位置和角度偏差信息综合到一个角度量中,使得轨迹跟踪更加简洁,同时也增加了控制系统的稳定性。调试结果显示,该算法可以使轨迹跟踪达到 ± 1 cm的精度,能够满足一般机器人作业时自主导航和定位的需要。

参考文献(References):

- [1] 化建宁,符秀辉,郑 伟,等. 基于运动描述语言的轮式移动机器人控制[J]. 机器人,2006,28(3):315.
- [2] 孙 宇,张世琪,崔康吉. AGV自动导引技术[J]. 中国机械工程,1996,7(6):31-32.
- [3] CHRISTENSEN H I. Localization and navigation of a mobile robot using natural point landmarks extracted from data[J]. **Robotics and Autonomous Systems**, 2000, 33(3):131-142.
- [4] 章小兵,乔 茹,赵光兴. 基于改进蚁群算法的移动机器人全局路径规划[J]. 机电工程,2009,26(3):90-93.
- [5] 宫金超,李晓明. 基于粒子群优化算法的小型足球机器人路径规划[J]. 机电工程,2010,27(12):116-120.
- [6] 冯建农,柳 明,吴 捷. 自主移动机器人智能导航研究进展[J]. 机器人,1997,19(6):468-478.
- [7] 刘子龙,丁玉静,江艳霞. 四轮移动机器人跟随控制[J]. 中南大学学报:自然科学版,2011,42(5):1348-1350.
- [8] 陶 辉,吴怀宇,程 磊,等. 轮式移动机器人FastSLAM算法研究[J]. 哈尔滨理工大学学报,2011,16(1):42-44.
- [9] 彭忆强,惠艳翠. 移动机器人智能避障算法仿真研究[J]. 西华大学学报:自然科学版,2010,29(2):28-30.
- [10] TREVELYAN J. Simplifying robotics—a challenge for research[J]. **Robotics and Autonomous Systems**, 1997, 30(4):207-220.

[编辑:李 辉]