

基于钢管旋转的高速漏磁探伤装备及其关键技术*

张黎¹, 伍剑波², 孙燕华², 康宜华²

(1. 衡阳华菱钢管有限公司, 湖南 衡阳 421001;

2. 华中科技大学数字制造装备与技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要: 针对钢管生产对高速漏磁探伤设备日益剧增的需求, 从钢管漏磁检测原理及方法入手, 提出并分析了高速漏磁检测关键技术。基于这些关键技术, 开发出国内第一套基于钢管螺旋运动、检测速度达到 2.8 m/s 的高速漏磁检测设备, 其检测指标达到 API 标准的最高探伤要求, 具有较好的使用效果。

关键词: 钢管; 无损检测; 高速漏磁探伤; 设备; 关键技术; 系统组成

中图分类号: TG115.27 **文献标志码:** B **文章编号:** 1001-2311(2011)04-0056-04

Hi-speed Flux Leakage Detection System Operating with Steel Pipe Rotating and Related Critical Techniques

Zhang Li¹, Wu Jianbo², Sun Yanhua², Kang Yihua²

(1. Hengyang Valin Steel Tube Co., Ltd., Hengyang 421001, China;

2. State Key Lab of Digital Manufacturing Equipment & Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Addressing the increasingly huge demand for hi-speed flux leakage steel pipe detecting equipment, the coauthors, based on the working principle and method for such equipment, point out and analyze the critical techniques related to the hi-speed flux leakage detection process. With the critical techniques as identified, the first hi-speed flux leakage steel pipe detection system in the country has been developed, which is operating with the pipe rotating spirally, and at a detecting speed up to 2.8 m/s, having resulted in inspection target values conforming to the most stringent NDT requirements as specified under applicable API specification, and brought about satisfactory operation effectiveness.

Key words: Steel pipe; NDT; Hi-speed flux leakage detection process; Equipment; Critical techniques; System configuration

目前, 我国已是钢管生产和消费大国, 并为钢管净出口国。据统计, 我国无缝钢管的产量在全球的比重不断增长, 2006 年占全球的 45%, 2007 年达到约 50%^[1-2], 并且具有世界上最先进的钢管生产工艺、最新的轧管机组和其他现代化装备^[3]。国内最先进的连轧无缝钢管的生产速度已经达到 2.5 m/s, 但目前与钢管生产相配套的探伤设备还未跟

上步伐, 国内的漏磁检测设备的最高探伤速度只有 1.2 m/s, 而国外的已经达到 2.0 m/s。

为适应钢管的高速生产, 满足钢管的高速探伤要求, 打破国外对高速漏磁检测设备的垄断地位, 有必要开发出我国具有自主知识产权的钢管高速漏磁探伤设备。

1 基于钢管旋转的漏磁检测方法

漏磁检测理论认为, 当磁场激励方向与伤走向垂直或近似垂直时才能形成足够强度的扩散漏磁场。因此出现了钢管轴向磁化检测横向伤和周向磁

* 国家自然科学基金资助项目(50675083)

张黎(1971-), 男, 工程师, 从事钢管无损检测生产和管理工作。

化检测纵向伤技术^[4-5]，并采用独立的2套机组交叉探伤，适应各种类型缺陷的全覆盖检测。目前，在漏磁检测设备中，检测探头和钢管的相对运动关系主要有两种形式：①磁化器和探头静止，钢管作螺旋推进运动；②磁化器和探头旋转，钢管作直线运动^[6-7]。

目前在进口的探伤设备中，探头和钢管的相对运动关系均采用第二种方式，其中旋转机构包括周向磁化器、检测探靴、滑环、初步调理电路等，结构庞大。这种检测方式在对钢管进行高速检测时，必须增大旋转速度才能满足对缺陷的全覆盖检测，这不仅对机械部件加工精度提出了很高的要求，而且大质量结构件的高速旋转必然导致设备安全性的降低，并会产生振动干扰信号，降低信噪比，从而限制了钢管检测速度。尤其是检测大直径钢管时，庞大的磁化器大大限制了钢管的直线速度。

相比之下，探头和钢管的相对运动关系采用第一种方式可避免主机的回转运动，使旋转结构大大简化，易于实现钢管的高速探伤。

2 基于钢管旋转的高速漏磁检测关键技术

2.1 对辊传输技术

钢管高速漏磁检测过程中，钢管的高速螺旋驱动由对辊轮组(图1)完成，对辊轮与钢管前进方向形成夹角，并搓动钢管高速螺旋前进。



图1 钢管驱动用对辊轮

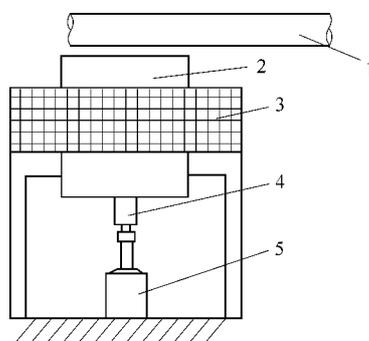
传输线对辊轮与钢管形成固定的角度，实现不同规格钢管的传送。理论与实验证明，在这种传输方式下，对辊轮工作频率不变时，不同规格钢管的直线前进速度基本不变，改变的仅仅是钢管前进的螺距。

对辊传输线采用变频控制技术，利用变频器控制对辊轮的工作频率来改变钢管的直线前进速度，以满足不同检测速度的需求。

2.2 磁浮非接触式钢管压紧定位技术

钢管在传输线上高速运行时，如果不对其实施压紧定位将会出现剧烈抖动，产生干扰信号，最终降低检测设备的可靠性、稳定性与安全性。因此，需要配备压紧定位装置来保证钢管的平稳运动。

常规压紧装置采用接触式压紧定位方式，利用压紧机构与钢管之间产生的接触作用力对钢管进行压紧定位。传统的接触式压紧定位方式存在反应时间长、压力不可控、调节繁琐等不足，不适用于钢管的高速漏磁检测^[8]。因此，采用了一种磁浮非接触式钢管压紧定位装置，其原理如图2所示。该装置根据钢管的铁磁性特性，利用通电线圈产生的磁场对钢管产生电磁力来实现钢管的非接触压紧定位。



1—被检测钢管 2—铁心 3—励磁线圈
4—位置调节部分 5—气缸

图2 磁浮压紧定位原理示意

磁浮非接触式钢管压紧定位装置利用电路的通断和电流的强弱来控制电磁力的启闭和大小。因此，该装置具有非接触、反应快速、压力可控等优点，在钢管高速漏磁检测中应用效果良好。磁浮压紧装置在钢管检测线上的应用如图3所示。



图3 磁浮压紧装置的应用

2.3 超强磁化技术

根据漏磁检测理论可知，钢管被检部位磁化到近饱和状态时，缺陷才能产生足够强度的漏磁场。

钢管旋转检测方式受机构设计的限制,常规磁化方式产生的磁化场强度不够,易产生漏判、误判,尤其对内伤的检测能力不够。因此,采用了超强磁化技术,利用特殊的激励电路和磁化结构对钢管进行磁化。超强磁化设备如图4所示。该设备能将高速运动的钢管磁化到近饱和状态,使缺陷产生足够强度的漏磁场,以保证检测的灵敏度。



图4 超强磁化设备

2.4 漏磁信号高速采集与处理技术

钢管的漏磁检测具有实时性要求,需要对检测信号实时处理和显示,为检测人员评价钢管质量提供依据。钢管生产部门根据反馈的检测信息及时调整工艺参数,以提高钢管质量并避免资源浪费。

高速漏磁检测具有海量信号的特点,为此采用一种高速信号采集与处理系统,其基本工作原理如图5所示。64路漏磁信号从霍尔传感器经过调理电路、放大电路,进入高速A/D采集卡,然后通过USB总线进入计算机。在计算机中进行去噪、平滑、模式识别等数字处理,最终获得并显示钢管的检测信息,以满足实时性要求。

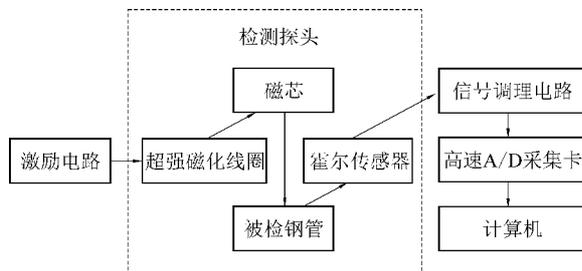


图5 漏磁信号系统工作原理示意

3 高速漏磁检测设备系统

基于高速漏磁检测关键技术,开发出了高速漏磁检测设备系统(图6),主要由横向主机、纵向主

机、对辊传输线、磁浮压紧装置、退磁器、喷标器、控制系统、信号处理系统和计算机组成。

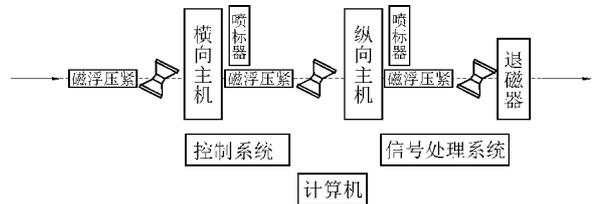


图6 高速漏磁检测设备总体布局示意

高速漏磁检测设备探伤性能良好,达到API最高检测标准水平。其纵、横向裂纹检测灵敏度可达外伤N5、内伤N5,孔洞检测灵敏度为 $\Phi 0.8$ mm通孔。

检测速度为2.5 m/s时的高速漏磁检测信号如图7所示,检测软件分屏显示纵、横向主机检测信号。

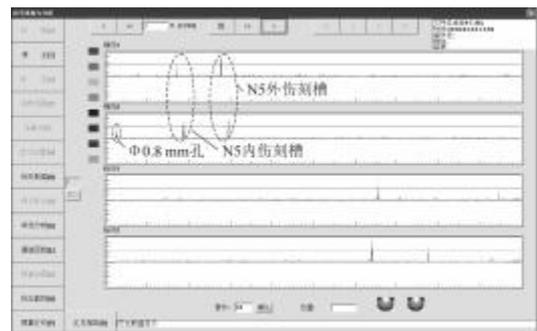


图7 高速漏磁检测信号

以合理的检测工艺流程和先进的高速漏磁检测技术为基础,开发出探伤性能良好的高速漏磁检测设备,如图8所示。在检测现场,高速漏磁检测设备运行状况良好,具有突出的稳定性、可靠性和安全性。



图8 高速漏磁检测设备

4 结 论

(1) 传统的漏磁检测技术应用较为普遍,但是高速漏磁检测的客观实现更具有挑战性,因为要解决由钢管高速运动而带来的诸多问题。

(2) 高速漏磁检测设备的检测速度最高可达 2.8 m/s,满足国内钢管生产的最高速度要求,经检测其各项指标均满足 API 标准的最高探伤要求;打破了国外在高速漏磁检测领域中的技术垄断地位,降低了钢管检测成本,增强了国内钢管的市场竞争力。

(3) 高速漏磁检测设备检测采用的各项先进技术,包括对辊传输技术、磁浮非接触压紧定位技术、超强磁化技术以及高速信号处理方法,对其他的在线检测设备具有较大的参考价值。

(4) 经过多家钢铁企业的使用证明,基于钢管旋转的高速漏磁探伤装备具有较强的探伤能力和突出的稳定性,较好地满足了钢管高速生产线的检测要求,具有较大的推广使用价值。

5 参考文献

- [1] 李晓红. 国内大直径无缝钢管生产发展的装备选择[J]. 钢管, 2006, 35(6): 4-11.
 - [2] 成海涛. 我国无缝钢管行业的现状分析[J]. 钢管, 2006, 35(3): 1-6.
 - [3] 席正海, 罗德金, 彭熙鹏, 等. Accu Roll 轧管机组的技术进步[J]. 钢管, 2009, 38(6): 5-8.
 - [4] 杨叔子, 康宜华. 钢丝绳断丝定量检测原理与技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
 - [5] 康宜华, 武新军. 数字化磁性无损检测技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
 - [6] 孙燕华, 康宜华, 石晓鹏. 基于单一轴向磁化的钢管高速漏磁检测方法[J]. 机械工程学报, 2010, 46(10): 8-13.
 - [7] 孙燕华, 康宜华, 刘涵君. 基于 ADAMS 的钢管漏磁检测螺旋推进运动的计算分析[J]. 钢管, 2011, 40(1): 60-64.
 - [8] 康宜华, 李艳坤, 谭波, 等. 钢管高速漏磁无损检测中的磁悬浮压紧扶正技术[J]. 机械与电子, 2008(3): 7-9.
- (修定日期: 2011-05-09)

● 信 息

天津钢管集团股份有限公司获得中石油页岩气开采领域首笔订单

2011年6月上旬,天津钢管集团股份有限公司(简称天津钢管)与中国石油天然气集团公司(简称中石油)签署了特殊螺纹套管供中石油页岩气开采项目的协议,规格为 $\Phi 139.7\text{ mm}\times 7.72\text{ mm}$,扣型为 TP-BM,涉及 P110、TP125V 两个钢级。这标志着天津钢管生产的特殊螺纹产品已经打破了国际大公司的垄断局面,抢占了国内页岩气开采领域的市场先机。

目前,页岩气等非常规气体的开采已经成为全球油气资源开发的一大热点,在国内属于新的领域。天津钢管针对实际井况、在原有试验成果的基础上研制出能抵抗页岩气提取时水力压裂的管材,最终赢得了中石油页岩气开采项目特殊螺纹套管订单。

(天津钢管集团股份有限公司 李 群)

衡阳华菱钢管有限公司成功生产出大直径 P91 钢级高压锅炉管

2011年7月21日,衡阳华菱钢管有限公司(简称衡阳钢管)成功轧制出 $\Phi 711\text{ mm}\times 42\text{ mm}$ 大直径厚壁 P91 钢级高压锅炉管。经检验,该钢管的外径、壁厚、椭圆度等几何尺寸完全满足 ASME SA335 标准要求。这是衡阳钢管首次使用 $\Phi 800\text{ mm}$ P91 钢级连铸坯,也是衡阳钢管自建厂以来轧制的最大直径的 P91 钢级钢管。

(衡阳华菱钢管有限公司 许 莹)

2011 年上半年俄罗斯联合冶金公司阿尔梅捷耶夫钢管厂钢管产销量

2011年上半年俄罗斯联合冶金公司阿尔梅捷耶夫钢管厂的钢管产量为 8.88 万t,同比增长 7.9%;钢管发运量为 8.69 万t,同比增长 4.2%。

(攀钢集团成都钢铁有限公司 杜厚益)