

一种基于钢管旋转的高速漏磁 ϕ 180 检测系统

康宜华, 陈承曦, 涂 君, 伍剑波

(华中科技大学 机械科学与工程学院, 武汉 430074)

摘 要: 针对钢管的高速探伤需求, 结合钢管漏磁检测原理及方法, 提出并分析了高速漏磁检测关键技术, 研制了一种基于钢管旋转的 ϕ 180 漏磁探伤系统。介绍了探伤轨迹规划以及设备总体布局, 并重点描述了横向检测主机、纵向检测主机和退磁装置的设计原理和结构。实践证明, 该高速漏磁探伤装备检测性能良好, 符合相关标准规定的检测要求, 可满足于钢管生产线的高速探伤需求。

关键词: 钢管; ϕ 180 漏磁探伤机组; 关键技术; 系统组成; 应用

中图分类号: TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2014)02-0067-04

A High-speed Magnetic Flux Leakage ϕ 180 Detecting System Based On Steel Pipe Rotation Spirally

KANG Yi-hua, CHEN Cheng-xi, TU Jun, WU Jian-bo

(School of Mechanical Science and Engineering, Huazhong University of Science And Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In order to meet the increasingly huge demand for high-speed magnetic flux leakage steel pipe detecting equipment, based on the working principle and method for such equipment, the coauthors point out and analyze the critical techniques. The high-speed magnetic flux leakage ϕ 180 steel pipe detecting system has been developed, which is operating with the pipe rotating spirally. This paper has introduced the detecting trajectory planning and overall layout of this equipment. The design principle and structure of the core components such as the transverse and longitudinal defects detecting device and demagnetizer are described in detail. It has been proved in field application that the performance of the equipment is of high quality because it can meet both the testing requirements of the relevant standards and the high-speed testing requirements of steel pipe production line.

Keywords: Steel pipe; Magnetic flux leakage ϕ 180 detecting system; Key technology; System configuration; Application

API 以及国标中都明确规定, 钢管在出厂之前必须进行 100% 的探伤^[1-2]。巨大的市场直接推动了钢管无损探伤技术与装备的发展。漏磁检测方法作为一种高效而强有力的探伤技术, 广泛应用于钢管检测行业。在全世界范围内的钢管快速探伤方法与设备中, 漏磁检测技术与相应设备占有超过 80% 的份量^[3]。目前, 我国油田和无缝钢管生产企业的漏磁探伤设备大多依赖进口, 但这些设备价格较高, 售后服务和零部件的配套供应上也时常脱节。因此

为满足钢管的高速探伤需求, 打破国外对高速漏磁检测设备的垄断地位, 有必要开发出具有自主知识产权的钢管高速漏磁探伤系统装备。系统针对的无缝钢管规格为 ϕ 60~ ϕ 180 mm。

1 基于钢管旋的漏磁探伤轨迹规划与总体布局

漏磁法是基于铁磁性材料高磁导率的一种无损检测技术。当铁磁性材料被磁化后, 若材料无缺陷, 则磁力线被约束在材料中, 几乎没有漏磁场。若材料中存在缺陷时, 工件内的磁力线将发生畸变, 从而形成漏磁场, 通过对漏磁场的检测就可以确定缺陷的位置、形状和大小。由于只有当磁场激励方向与

收稿日期: 2013-05-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51275193)

作者简介: 康宜华(1965—), 男, 教授, 主要从事数字化无损检测仪器与装备方面的研究, 并从事教学与科研工作。

缺陷走向垂直或近似垂直时才能形成足够强度的漏磁场,因此钢管需轴向磁化检测横向缺陷和周向磁化检测纵向缺陷。

1.1 轨迹规划

采用高强度聚氨酯 V 型轮作为钢管高速螺旋前进的传送轮,并与钢管成固定角度(36°)。理论与实践均证明,传送轮转速不变时,不同规格钢管的前进速度保持不变,仅传送螺距不同,小规格钢管螺距小,大规格钢管螺距大,如图 1(a)所示。为了满足钢管全覆盖检测的要求且达到大于 10% 的检测重复率,探靴数量和钢管传送螺距须满足以下关系式:

$$NL \geq 1.1P \quad (1)$$

式中: N 为检测探靴数量, L 为单个探靴的有效检测长度, P 为钢管传送螺距^[4]。

可见,无论钢管行走螺距还是探靴总覆盖范围均随着被检钢管管径的变大而增大,如图 1(b)所示。因此随着被检钢管管径的增大,须增加检测探靴数量或增大单个检测探靴的有效检测长度。

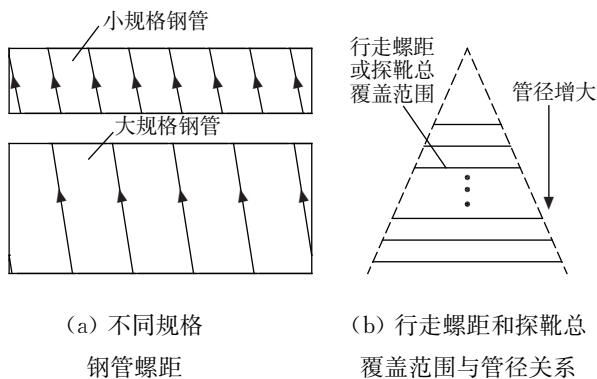


图 1 漏磁探伤轨迹规划

1.2 总体布局

ϕ 180 钢管检测系统的检测流程及控制系统结构如图 2 所示。

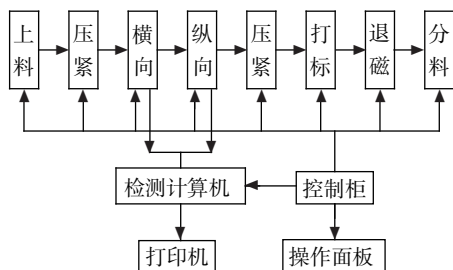


图 2 钢管检测流程及控制系统结构

上料装置将上料架上的待检钢管放置到传动线上,V 型传送轮旋转,钢管螺旋前进,经过压紧扶正装置后,先后进入横、纵向检测主机进行探伤。检测

信号输入到计算机中进行实时分析处理。出现缺陷信号后,计算机分别给打标和分料装置传递控制信号,打标系统经过一定时间延时后在钢管上喷上标记,分料系统也会在钢管到达合适位置后将其翻转至不合格品料架,好管则翻到合格品料架上。最后钢管经过退磁装置,消除被检后钢管的剩余磁场。待每批钢管检测完毕后,检测软件会自动打印出检测报表,对整批钢管的检测数量和缺陷数据进行统计。由此可建立 ϕ 180 钢管检测系统总体布局图,如图 3 所示。

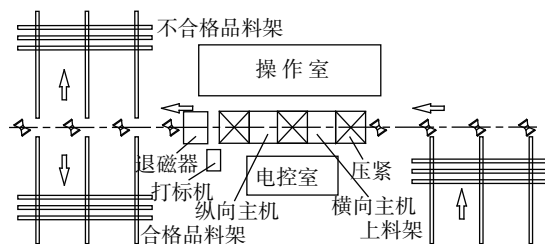


图 3 ϕ 180 钢管检测系统总体布局

2 ϕ 180 横向检测主机设计

横向检测主机需对钢管施以轴向磁化以检测横向缺陷。磁化器采用的是双穿过式磁化线圈开路磁化。两磁化线圈通入方向相同的直流电,在两线圈中间形成密集均匀的磁场,且磁场强度为整个磁场最大处。检测时,将检测元件布置在两线圈的中心。其特点是线圈内径小,磁化效率高,检测效果好,重复性好^[5]。单个磁化线圈的轴向长度为 200 mm,线圈间距为 160 mm,内孔大小可满足钢管规格以及中心高度的变化,如图 4 所示。线圈外侧面增加聚磁板,以减小磁化场的扩散。

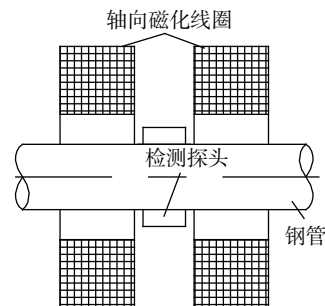
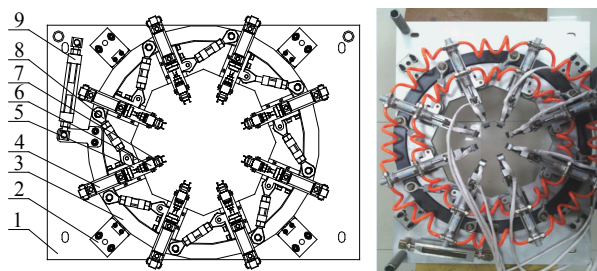


图 4 横向检测主机双磁化线圈

横向检测探头机构采用的是撞开式复合二级跟踪结构,竖立固定于两线圈之间,如图 5 所示。通过调整连杆带动转动环在轴承卡套的辅助下转动,转动环的转动又通过转动臂带动装在滑轨上的探头支



(a) 横向探头机构系统 (b) 横向探头机构实物

1. 探头板 2. 轴承卡套 3. 转动环 4. 气缸 5. 探头支架
6. 探头支杆 7. 检测探靴 8. 转动臂 9. 调整连杆

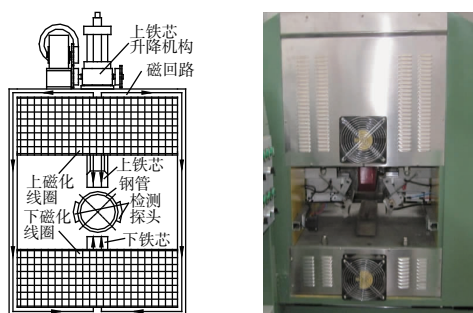
图5 横向检测探头机构系统与实物

架沿管径方向移动,从而调整探头板开口大小以适应不同规格钢管。当钢管进入横向检测主机时,撞上检测探靴,探靴通过探头支架与探头支杆间的气缸和探头支杆与探靴之间安装的压簧提供适当的压紧力抱合钢管,实现探靴的复合二级跟踪。探头机构主要实现检测探靴的小范围张合(20 mm 范围内),同时可保证对不同规格钢管检测时,探头位置的正确调整。

对不同规格的钢管检测时,磁化器的中心高度保持不变,对应的探头机构中心高度需改变。因此,仅需将探头机构固定于升降机构上,每次检测时,根据被检钢管的中心高度来相应调整探头机构的中心高度。

3 ϕ 180 纵向检测主机设计

纵向检测主机需对钢管施以周向磁化以检测纵向伤。磁化器采用的是轴向磁极对,如图6所示。



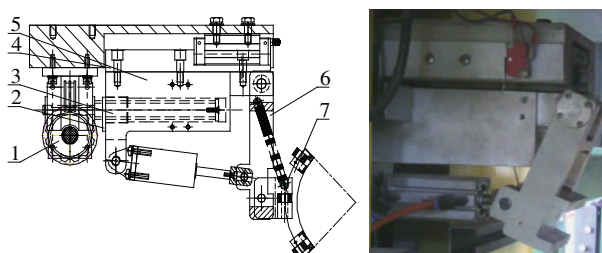
(a) 主机磁化器构造系统 (b) 主机磁化器实物

图6 纵向检测主机磁化器与实物

在两磁极正对的管壁中央区形成均匀磁化场,使该区域内的纵向裂纹激发漏磁场。但在磁极正对的管壁处,形成的磁场非均匀且磁力线方向也不一致,不能激发出合适的漏磁场,所以该区域为纵向裂

纹检测盲区^[6]。因此纵向检测探头须布置于两磁极正对的管壁中央区的轴剖面上。相比于以前的漏磁检测设备,对上、下铁芯进行了大倒角与中部内凹处理且增加了轴向长度,有利于在相同磁化电流下产生更强的周向磁化场,增大磁化区域。为了适应不同规格钢管中心高的变化,上铁芯可上下升降,使得上、下铁芯距不同规格钢管上、下母线的距离基本相同,以保证可对钢管施以足够强度的轴向磁化场。

纵向检测探头机构采用的是电动径向进给、气动压紧的跟踪结构,如图7所示。通过涡轮蜗杆减速机和丝杠螺母结构,带动装在直线导轨上的移动支板沿钢管径向运动,以适应管径变化。气缸则控制着探靴摇臂的摆动抱合和提供探靴压紧力。当钢管进入纵向主机时,光电开关通过控制系统给纵向检测探头机构发出指令,待管端通过后,气缸充气,探靴主动抱合钢管,实现主动式跟踪。纵向检测主机上装有2套检测探头机构,分布于钢管前进方向的左右两侧。每套检测探头机构根据需要可装1或2个条状探靴。同样,需将探头机构安装在升降机构上,以适应不同规格钢管中心高度的变化。



(a) 纵向探头机构系统 (b) 纵向探头机构实物

图7 纵向检测探头机构系统与实物

1. 涡轮蜗杆减速机 2. 螺母 3. 丝杠 4. 直线滑轨
5. 移动支板 6. 探靴摇臂 7. 探靴

4 退磁装置设计

钢管检测时,横、纵向主机均会对被检钢管进行励磁。如果检测后的钢管不经过有效的退磁处理,将存在很强的剩磁,特别表现在钢管的首尾两端,从而影响到后续使用。因此,漏磁探伤后需要进行退磁处理。由于对钢管施加横向磁化场的剩余磁场会在钢管内形成闭合磁路,对外界不呈现剩磁现象,所以无需进行横向退磁^[6]。采用单个穿过式的多层密绕载流线圈进行直流退磁,如图8所示。退磁过程中,退磁场的方向与剩余磁场的方向相反,强度稍大于剩磁。采用反馈控制,用一个测量单元先测试剩磁

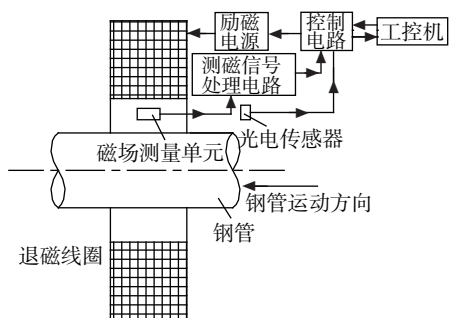


图8 退磁装置原理

的大小,再反馈控制线圈中的电流大小。由磁场分布原理可知,钢管相当于受到了一个方向不变但幅值逐渐增大后又逐渐减小的退磁场作用,根据离散化分析方法,此时钢管中的剩余磁场强度将逐渐减小到零或一个很小的数值。为防止钢管离开时,通电线圈又对其进行励磁,产生另一个方向的剩磁,因此利用光电传感器监测到钢管还未完全离开线圈之前,就将线圈中的励磁电流关闭或调小,避免出现先进入退磁线圈的一端效果较好、而离开的一端仍会有剩磁的现象。实践证明,经过退磁线圈后的钢管两端的剩磁均小于 10Gs,符合 API 标准。

5 检测系统及应用

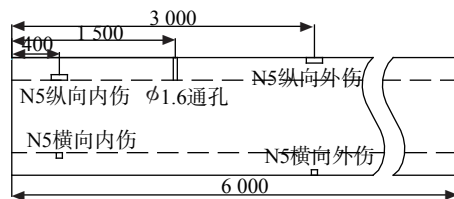
高速漏磁检测的特点之一就是信息量极大,横向与纵向检测主机共计有 128 通道,因此漏磁信号处理须具有实时性,钢管生产部门就可根据反馈的检测信息及时调整工艺参数,以提高钢管质量并避免资源浪费。

首先它通过对输入的 128 通道信号进行前置信号处理,将检测信号不失真地进行放大、滤波等处理,其后将模拟输入信号转化成计算机可以处理的数字信号,进而将数字信号传给计算机;再以计算机为平台,利用自主开发的检测软件对信号进行处理、定性定量分析、波形显示、打印以及由此产生的其他控制信号输入输出等(声光报警、打标)。由控制柜、PLC(西门子 S7-300 系列)控制系统及压紧辊道的变频调节系统等组成的控制系统将整个漏磁检测动作串联起来,使各个工作环节紧密衔接、配合工作,实现检测、管料补给及后处理等工序的自动化,最终实现高速稳定的探伤。系统整体实物如图 9 所示。

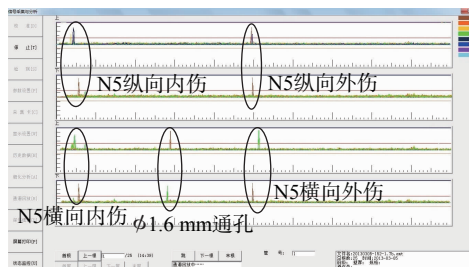
该 ϕ 180 漏磁探伤系统已成功应用于国内某大型无缝钢管厂。实践证明,该高速漏磁探伤装备探伤性能良好,设计合理,可满足 API、ASTM 和 GB/T 12606—1999 等标准规定的检测要求,检测速度变

图9 高速漏磁 ϕ 180 检测机组

频可调(1~2 m/s)。其纵向、横向缺陷检测灵敏度可达到外伤 N5(深度为壁厚的 5%,下同)、内伤 N5,孔洞检测灵敏度为 ϕ 1.6 mm 通孔。样管人工标准伤分布及其检测信号如图 10 所示,单位为毫米(mm)。



(a) 样管人工标准伤分布



(b) 实际检测信号

图10 样管人工标准伤分布与检测信号

6 结论

(1) 提出并分析了高速漏磁检测关键技术,研制了一种基于钢管旋转的 ϕ 180 漏磁探伤机组。

(2) 合理的横、纵向磁化器设计,磁场强度具有易调节性,且具有结构简单、电气实现容易、磁化能力强、成本较低等优势。退磁装置亦可满足钢管退磁需求。

(3) 检测探头机构均采用随动定心设计,跟踪性能好,配合多通道高速信号采集处理系统,可实现高速、稳定的探伤。

(4) 装备经现场实践证明,可满足钢管生产线的高速探伤要求,具有较大的推广价值。

(下转第 79 页)

2013 年 12 月 18 日韩国代表团访问中国无损检测学会纪要



以孙泰淳会长为团长的韩国非破坏检查协会(以下简称韩国协会)代表团一行 15 人于 2013 年 12 月 18 日来到无损检测学会秘书处进行友好访问。本次访问旨在促进中国与韩国两国间无损检测与评价方面的学术技术交流,加快无损检测与评价理论研究和应用发展,探讨中韩及世界各国无损检测学会之间的合作,并签订中韩两学会友好合作备忘录。因我学会执行 ISO 9712 标准已有多年,并在国内外取得了良好的效果及影响。韩国协会对我学会在资格认证工作中取得的成果大加赞赏,并且希望在资格认证这一方面能够进一步加强合作。

访问期间韩国协会及我学会交流内容如下:

- 各自介绍了本学会的组织机构,工作状态,及本国无损检测的发展以及应用概况。
- 两国学会互相提问有关各自国内 NDT 应用、服务与制造等相关问题(因为韩国代表团成员中不少是仪器制造商),并寻求进一步合作的可能性。
- 中国无损检测学会徐永昌秘书长与韩国非破坏检查协会孙泰淳会长签署两国学会友好合作备忘录。

(上接第 70 页)

参考文献:

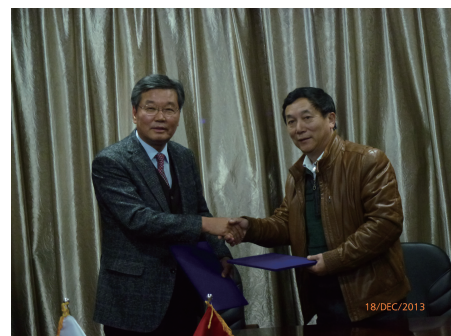
- [1] ANS/API, SPEC 5L/ISO 3183; 2007 Petro-leum and natural gas industries-steel pipe for pipeline transportation systems[S].
- [2] GB/T 19830—2005 石油天然气工业—油气井套管或油管用钢管[S].

忘录。

- 讨论关于筹办北京 2013 年 12 月 19—21 日“2013 中韩无损检测技术研讨会”报告(以下简称“研讨会”)。本次研讨会由北京理工大学和韩国釜山大学联合承办。

- 双方回顾 13 年 11 月在印度孟买举办的第 14 届亚太无损检测会议的情况,韩国代表提出,现如今中国、韩国、日本三国在世界无损检测领域中发展的越来越好,特别是在亚太地区的影响力更为突出,为使中日韩三国学会在世界、亚太无损检测领域里发挥更大的作用,因此提议三国学会在今后的工作中应该更进一步的加强合作,诸如定期举办交流会、展览会、开办无损检测杂志等工作。

- 韩国协会参观我学会考试中心及秘书处。
- 中国无损检测学会邀请韩国协会全体成员参加晚宴。



中韩无损检测学会的这次访问交流始终在非常融洽的氛围中进行的。

(报道 季敬元)

- [3] 孙燕华. 钢管漏磁检测新原理及其应用[D]. 武汉:华中科技大学,2010:1-4.
- [4] 康宜华,邵双方,伍剑波,等. 基于钢管旋转的纵向伤高速漏磁检测方法[J]. 石油机械,2012,40(7):63-66.
- [5] 康宜华,孙燕华,李久政. 钻杆漏磁检测探头的设计[J]. 微传感器与微系统,2006,25(11):46-48.
- [6] 徐江,武新军,康宜华,等. 油管漏磁自动检测过程中的退磁方法研究[J]. 石油矿场机械,2005,34(2):23-26.

欢迎网上投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告