

T/GDAQI

广东省质量检验协会团体标准

T/GDAQI 011—2019

地上金属管道应力磁记忆测试方法

Magnetic Memory Testing Method for Stress of Overground Metal Pipeline

2019 - 06 - 26 发布

2019 - 06 - 26 实施

广东省质量检验协会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	2
5 应用原则	2
6 一般要求	3
7 实验步骤	4
8 结果评价	6
9 实验质量保证和控制	6
10 检测记录和报告	6
附录 A（资料性附录）金属管道磁记忆检测记录和报告	8

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由广东省质量检验协会提出和归口。

本标准起草单位：广东省特种设备检测研究院珠海检测院、广东省特种设备检测研究院肇庆检测院、广东省特种设备检测研究院云浮检测院

本标准主要起草人：杨宁祥、戚政武、陈英红、梁敏健、刘同文、廖志雄、丛成龙、李继承、陈建勋、林晓明、谢小娟、彭晓军、崔靖昀、程新华、黄长明。

本标准为首次发布。

地上金属管道应力磁记忆测试方法

1 范围

本标准规定了地上铁磁性金属管道应力的磁记忆测试术语和定义、原理、应用原则、一般要求、实验步骤、结果评价、实验质量保证和控制、实验记录和报告。

本标准适用于地上铁磁性金属压力管道组成件、支承件、焊缝，因受到基础沉降、温度变化等因素产生应力的磁记忆测试及结果判定，埋地管道开挖后也可按照本标准进行管道应力的磁记忆检测。

压力容器等承压设备焊缝应力的磁记忆检测可参照本标准进行；奥氏体不锈钢管道在一定条件下具有磁性，也可参考本标准进行管道应力的磁记忆检测。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12604.10-2011无损检测 术语 磁记忆检测

GB/T 26641-2011无损检测 磁记忆检测 总则

DL 5009.1 电力建设安全工作规程 第1部分 火力发电

JB/T 11605-2013 无损检测仪器 金属磁记忆检测仪 技术条件

JB/T 11606-2013 无损检测仪器 金属磁记忆检测仪 性能试验方法

NB/T 47013-2015 承压设备无损检测

TSG Z8001-2013 特种设备无损检测人员考核规则

DB44/T 2017-2017 特种设备检验检测人员劳动保护规范

3 术语和定义

GB/T 12604.10-2011所界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属磁记忆 (MMM) metal magnetic memory

在环境磁场中，铁磁性金属材料或焊缝由于制造、冷却或工作载荷形成的应力集中或损伤而产生的不可逆的自发磁化现象。

[GB/T 12604.10-2011, 定义2.1]

3.2

磁记忆检测 (MMT) magnetic memory testing

以对铁磁性金属材料或焊缝表面的自有漏磁场进行分析为基础，确定金属和焊缝的应力集中或损伤区域为目的的一种无损检测方法。

[GB/T 12604.10-2011, 定义2.3]

3.3

应力 stress

金属管道由于外因(受力、温度场变化等)而变形时,在其内部产生的相互作用力,以抵抗这种外因的作用,并试图使物体从变形后的位置恢复到变形前的位置。

3.4

沉降 subsidence

金属管道因为地陷造成的管道在垂直方向的位移。

3.5

应力集中区 stress concentration zone

金属管道局部磁化值与基体磁化值相比发生剧烈变化,并表现为突出“峰值”的区域。

4 原理

4.1 磁记忆效应

铁磁性金属管道在安装和运行时,由于受沉降载荷、弯曲载荷、温度场变化和地磁场共同作用,在应力和变形集中区域会发生具有磁致伸缩性质的磁畴组织定向和不可逆的重新取向,这种磁状态的不可逆变化在工作载荷消除后不仅会保留,还与最大作用应力有关。铁磁性金属管道表面的这种磁状态“记忆”着微观缺陷或应力集中的位置,即所谓的磁记忆效应。

4.2 磁记忆检测原理

金属磁记忆检测的原理是利用磁记忆效应进行检测,在应力集中的部位,磁场强度的法向分量会发生符号变化,该区域即为应力集中区。利用金属管道磁记忆检测设备,检测磁场强度变化,可发现应力集中区。

4.3 沉降分析原理

金属管道合理安装和正常运行中应力正常分布,在管道沿线截面突变部位存在应力集中。阀门、三通、弯头等部位是管道应力变化较大的部位,但均在许用应力范围之内。随着管道基础沉降,各部分的应力平衡被打破,焊接接头部位、直管段缺陷部位受到外力影响,出现较大的应力,通过金属磁记忆检测方法可以判定管道的应力集中区以及峰值应力,与各区域的许用应力比较,可以判断管道沉降的严重性以及管道可用性。

5 应用原则

5.1 磁记忆检测法用于确定管道应力集中区以及管道缺陷损伤危险区,可以确定焊接残余应力集中区域及其沿焊接接头的分布,以及焊接接头缺陷(气孔、夹杂、未焊透、未融合及裂纹等)可能存在的区域。

5.2 磁记忆检测法的应用应优先于其他无损检测方法(超声检测、射线检测、磁粉检测、渗透检测等)。

5.3 磁记忆检测法可以检测各类管道组成件、管道支承件及各种尺寸和形状的金属管道焊接接头(对接接头、丁字接头、角接头、搭接接头等),而金属焊接接头的厚度不受限制。

5.4 磁记忆检测法一般在停机后（卸除工作载荷后）进行，亦可在被检测部位处于运行状态（工作载荷）下进行。

5.5 应根据磁记忆检测结果，对最大应力集中区使用常规检测方法或其他手段进行验证，确定是否有缺陷存在，并采用相应的标准进行结果评定。

6 一般要求

6.1 人员资格

采用本标准进行检测的人员应按照TSG Z8001-2013和NB/T 47013的要求，取得相应的无损检测人员资格鉴定机构颁发的涡流检测或者脉冲涡流检测等级资格证书，从事相应资格等级规定的检测工作。

6.2 检测仪器

采用国产或进口的磁记忆检测仪器，通常采用专用磁记忆探头。金属磁记忆检测仪应由具有相应计量资质的机构采用JB/T 11606-2013的方法进行测试，并能满足JB/T 11605-2013技术条件。

6.3 测试条件

6.3.1 安全及工作环境

6.3.1.1 从事检测的人员必须遵守 DL 5009.1 的安全规定，当检测条件不符合 DL 5009.1 的要求或不具备安全作业条件时，应在检测条件符合要求后再进行检测。

6.3.1.2 从事检测人员的劳动保护应满足 DB44/T 2017-2017 的要求。

6.3.2 检测对象及环境

6.3.2.1 开展磁记忆检测前，检测人员应熟悉被检金属管道的技术资料，掌握被检金属管道的以下信息：

- a) 磁化历史和当前状态；
- b) 温度、腐蚀和组织的不均匀状态；
- c) 应力和残余应力大小及方向估计；
- d) 表面状态、涂层类型和厚度；
- e) 母材的材质；
- f) 焊缝的位置及范围；
- g) 焊缝的焊接形式、表面几何状态和填充金属种类。

6.3.2.2 应对被检金属管道上妨碍检测的异物进行处理。

6.3.2.3 不对被检金属管道的检测表面进行机械打磨处理。

6.3.2.4 被检金属管道厚度 3mm 以上的表面覆盖层宜予以去除；如表面覆盖层没有磁性，且厚度不超过 4mm，也可以在不剥除的情况下检测。

6.3.2.5 被检管道不应有下列影响检测结果的情况存在：

- a) 存在人工磁化；
- b) 附近（1m 以内）存在外磁场源；
- c) 存在外来铁磁制件。

6.3.2.6 被检测对象本身和附件区域的噪声、振动不能大到影响检测结果。

6.3.2.7 磁记忆检测前，应对待检测金属管道完成了资料审查、宏观检查、壁厚测定项目。

6.3.3 检测仪器和检测资料

6.3.3.1 应准备磁记忆检测工艺规程和操作指导书。

6.3.3.2 应按照机构批准的检测计划实施检测。

6.3.3.3 应准备本标准的磁记忆检测原始记录和报告。

6.3.3.4 应选择合适的仪器和传感器，并调整、标定仪器和传感器。

6.3.3.5 应保证仪器的校准状态符合要求。

7 实验步骤

7.1 检测时机

检测前期工作准备好后，在金属管道被检区域不打磨情况下，首先进行100%磁记忆检测，然后选择重点区域进行重点检测。

7.2 扫查方式

应根据不同需要，选择扫查方式。扫查方式分为平行扫查、垂直扫查和时基扫查，以焊缝检测为例来说明：

- a) 平行扫查，一般指探头垂直于焊缝表面，沿焊缝长度方向为扫查方向，以位移为坐标横轴的扫查方式，见图 1。一般用于快速、初始的扫查方式，用于损伤部位或应力集中区域的快速探测。

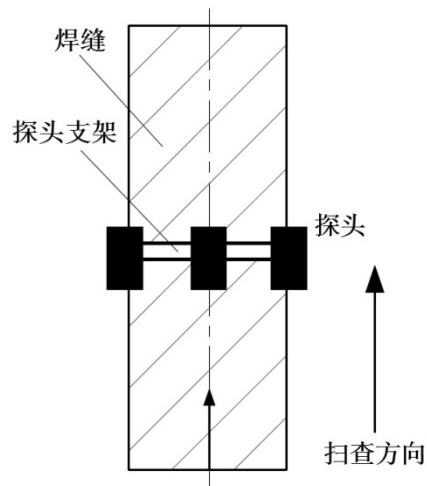


图 1 平行扫查方式

- b) 垂直扫查，一般指探头垂直于焊缝表面，垂直于焊缝长度方向为扫查方向，以位移为坐标横轴的扫查方式，见图 2。一般用于特定焊缝区域的检测、怀疑损伤部位的精确定位和评价焊接接头的焊接参与应力分布。

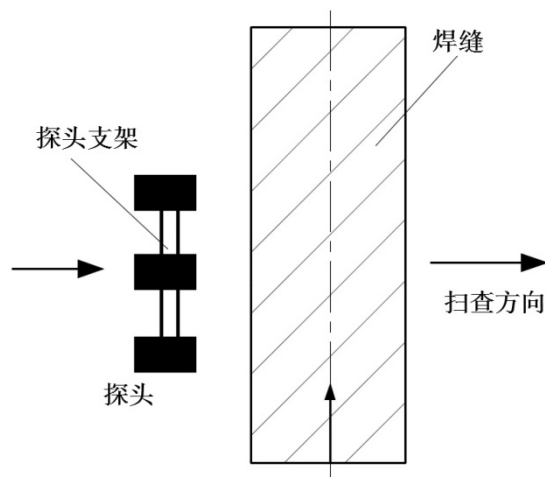


图 2 垂直扫查方式

- c) 时基扫查，一般指探头和被检对象相对固定，以时间为坐标横轴的扫查方式，见图 3。时基扫查一般用于监测被检部位的损伤状态随时间或载荷的发展情况。被检部位通过平行扫查和垂直扫查来选择。

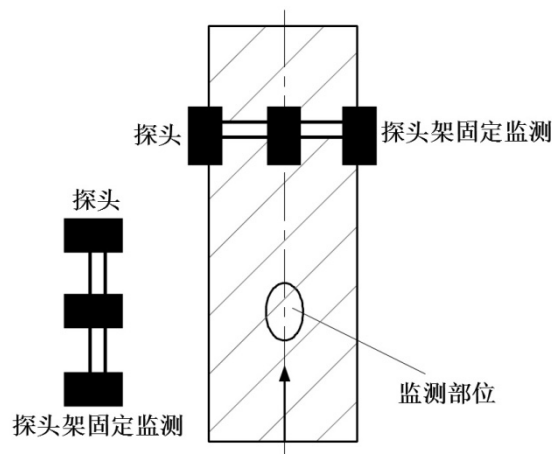


图 3 时基扫查方式

7.3 开机准备

7.3.1 操作人员应根据被检测对象，配齐各种附件，包括充电器、探头、连接线、标准试块、钢尺、画笔等。工作前，应熟悉仪器的《使用说明书》，明确操作方法和注意事项。

7.3.2 操作人员应确认检测现场条件符合 6.3 条的规定。

7.4 开机操作

7.4.1 接上传感器，打开仪器上的电源开关，进入检测系统，调整和标定参数。

7.4.2 把被检测对象划分成有结构特征的多个区段，并在被检测对象表格上标记。

7.4.3 检测时，传感器的运动要均匀、稳定，尽量使传感器垂直于待检测对象的表面，并注意保护传感器，以免磨损。

7.5 检测实施

- 7.5.1 检测前，应利用地球磁场来验证仪器的准确性。自校准时，朝同一个方向各通道测量到的表面漏磁场（ H_p ）的磁场分量值应该是相同的。
- 7.5.2 扫描 0.5m 的距离来检查仪器步长的准确性。
- 7.5.3 对角焊缝进行诊断时，手动传感器扫描。
- 7.5.4 对待检区域进行扫查，记录扫查起始位置、扫查区域以及可能对检测结果产生影响的干扰因素。
- 7.5.5 当平行扫查发现有磁记忆信号时，应增加垂直方向的扫查。
- 7.5.6 对检测过程中发现的异常点进行标注，采取其他无损检测方法进行验证。

8 结果评价

- 8.1 检测过程中，应对磁场强度随扫描距离变化的图形和磁场梯度随扫描距离变化的图形进行分析。磁场强度和梯度突变的所有部位均定义为磁记忆信号的异常部位。观察这些部位的表面状况，判断是否由几何形状的影响引起，在被检构件上做好标识。
- 8.2 对于磁记忆信号异常部位的应力集中程度，可通过表面漏磁场 H_p 和梯度 K_{in} 来评价，测量点宜选择磁场突变信号峰峰值的位置或附近。

$$K_{in} = |\Delta H_n| / l_k \dots\dots\dots (1)$$

式中：

ΔH_n ——所选取的两测量点之间的表面漏磁场 H_p 的差值，单位为安/米（A/m）

l_k ——所选取的两测量点之间的距离，单位为米（m）

- 8.3 对磁记忆检测发现的所有异常部位，建议对其进行磁粉检测和超声检测。对有材料劣化倾向的被检构件，还建议采用金相或其它方法分析。
- 8.4 应将磁记忆检测和表面检测、超声检测、金相分析的结果综合分析进行判定。

9 实验质量保证和控制

- 9.1 磁记忆检测人员应经过持证上岗，磁记忆检测工艺应由检测人员编制，无损检测责任工程师审核。
- 9.2 现场检测人员应严格按照检测工艺开展检测。
- 9.3 应保障仪器的正常运行，每运行 4 小时以上应进行一次仪器状态核查。
- 9.4 检测结束后应对仪器状态再进行一次核查。
- 9.5 检测过程中或检测后如果发现仪器异常或数据偏差较大时应进行复核。

10 检测记录和报告

10.1 检测记录

应按照检测工艺规程的要求记录检测数据和有关信息，除此之外，还应至少包括检测报告中要求的内容。

10.2 检测报告

检测报告的内容应按照检测要求编制，且至少应包括以下内容：

- 委托单位和检测单位的名称；
- 检测执行标准；
- 被检件名称及编号；
- 被检件磁化与受载历史与热处理状态；
- 被检件的表面状态描述；
- 检测仪器和传感器的型号和编号；
- 检测条件；
- 检测部位示意图；
- 磁记忆信号异常部位示意图；
- 磁记忆信号异常部位的磁场 H_p 的极限值及梯度值 K_{in} ；
- 采用其他无损检测方法对磁记忆信号异常部位进行的补充检测结果；
- 检测结果及结论；
- 检验及审核人员签名及检验日期。

10.3 记录和报告保存期限

检测记录和报告的格式见附录A，检测记录和报告至少保存7年，且符合合同规定的内容。

附录 A
(资料性附录)
金属管道磁记忆检测记录和报告

A.1 金属管道磁记忆检测记录参见表A.1

表A.1 金属管道磁记忆检测记录

记录编号：

委托单位						
检测标准						
工件名称				工件编号		
检测部位		工件规格		工件材质		
检测比例		表面状况		热处理状态		
检测仪器名称		检测仪器型号		检测仪器编号		
检测条件				合格级别		
检测部位及缺陷位置示意图：						
磁记忆信号的异常部位示意图：						
检测结果评定表						
异常部位编号	异常部位定位	磁场 H_p 值	梯度值 K_m	评定	备注	
其他无损检测方法对磁记忆信号异常部位的补充检测结果：						
检测结果评定：						
检测人：	日期：	审核人：	日期：			

A. 2金属管道磁记忆检测报告参见表A. 2

表A. 2 金属管道磁记忆检测报告

报告编号：

委托单位					
检测标准					
工件名称		工件编号			
检测部位		工件规格		工件材质	
检测比例		表面状况		热处理状态	
检测仪器名称		检测仪器型号		检测仪器编号	
检测条件				合格级别	
检测部位及缺陷位置示意图：					
磁记忆信号的异常部位示意图：					
检测结果评定表					
异常部位编号	异常部位定位	磁场 H_p 值	梯度值 K_{in}	评定	备注
其他无损检测方法对磁记忆信号异常部位的补充检测结果：					
检测结果评定：					
检测人：	日期：	审核人：	日期：	审批人：	日期

广东省质量检验协会团体标准
地上金属管道应力磁记忆测试方法
T/GDAQI 011-2019

官方网址: www.gdaq.org

地址: 广东省广州市天河区黄埔大道中 144 号海景中心西塔六楼 4-4 室

业务部: 020-38835207 38835225

服务部: 020-38835208 38835251

邮箱: gdaq@gdaq.org

广东省质量检验协会编辑发布