



中华人民共和国国家标准

GB/T 21837—2023

代替 GB/T 21837—2008

铁磁性钢丝绳电磁检测方法

Practice for electromagnetic examination of ferromagnetic steel wire rope

2023-11-27 发布

2024-06-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 21837—2008《铁磁性钢丝绳电磁检测方法》，与 GB/T 21837—2008 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准的适用范围(见第 1 章,2008 年版的第 1 章)；
- b) 删除了交流电磁类仪器工作原理相关条款(见 2008 年版的 4.1.1)；
- c) 删除了剩磁类仪器工作原理相关条款(见 2008 年版的 4.1.4)；
- d) 删除了意义和用途(见 2008 年版的第 5 章)；
- e) 更改了仪器的要求,同时增加了仪器性能的要求(见 5.1,2008 年版的第 8 章)；
- f) 更改了人员资格的要求(见 5.2,2008 年版的 6.2)；
- g) 增加了检测准备的要求(见 6.1)；
- h) 增加了检测环境的要求(见 6.5)；
- i) 增加了检测报告的要求(见 8.2)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：国家钢丝绳产品质量检验检测中心、洛阳百克特科技发展股份有限公司、马鞍山法尔盛科技有限公司、江苏松诚实业发展有限公司、华中科技大学、山东舒博特智能科技有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：凌晨、张峰、陈建豪、孙燕华、王玲君、任翠英、陈延菘、康宜华、张家旖、周立君、汪小竹、张治礼、潘初元、杨岳民、尤峰、冷明鉴、苏頔瑶、王勇。

本文件于 2008 年首次发布,本次为第一次修订。

铁磁性钢丝绳电磁检测方法

1 范围

本文件描述了采用磁通、漏磁原理检测铁磁性钢丝绳局部损伤和金属横截面积变化的检测方法和仪器校准方法。

本文件适用于各种铁磁性钢丝绳的检测。铁磁性钢缆索电磁无损检测也可参照本文件执行。

注：本文件所述检测方法较难检测出钢丝绳端部和铁磁性钢连接处的损伤，不易辨别纯金属性质（脆性、疲劳等）引起的退化。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 5616 无损检测 应用导则

GB/T 8706 钢丝绳 术语、标记和分类

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T 26832 无损检测仪器 钢丝绳电磁检测仪技术条件

3 术语和定义

GB/T 8706 和 GB/T 20737 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

局部损伤 local flaw; LF

钢丝绳中的不连续，诸如断丝、钢丝的蚀坑、较深的钢丝磨损或其他钢丝绳局部物理状态的退化等。

3.2

金属横截面积损失 loss of metallic cross-sectional area; LMA

钢丝绳上特定区域中材料（质量）缺损的相对度量。

注：金属横截面积损失是通过比较检测点与钢丝绳上象征最大金属横截面积的基准点（仪器测量）来测定的。

4 检测原理

4.1 概述

铁磁性钢丝绳电磁检测仪器可基于 4.2 和 4.3 所述的一种或多种原理。一台仪器可同时采用磁通和漏磁检测原理。

4.2 磁通原理类仪器

磁化单元（永磁体或直流线圈）提供恒定磁通，磁化一段钢丝绳。钢丝绳中的轴向总磁通，通过可以

有效测定磁场或稳恒磁场变化的磁敏传感器[例如环绕(感应)线圈、霍尔效应传感器等]来测定(见图 1 和图 2),输出为电压信号,并被记录。在磁回路可感应范围内,其输出的电压与金属横截面积变化成正比。此类仪器用于测定金属横截面积变化。

磁通原理的固有局限性:仪器所测得的金属横截面积变化,只能表示这是相对于仪器校准基准点处的变化;检测灵敏度随损伤距离钢丝绳表面深度的增大和断丝处断口的减小而降低。

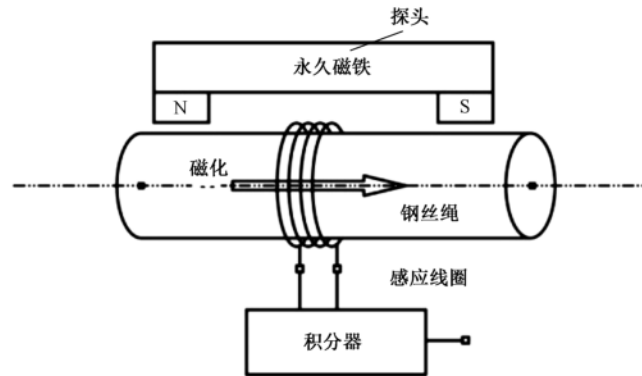


图 1 用感应线圈测量金属横截面积损失的永磁类设备探头示意图

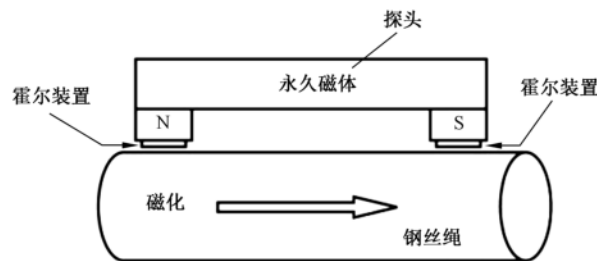


图 2 用霍尔装置测量金属横截面积损失的永磁类设备探头示意图

4.3 漏磁原理类仪器

磁化单元(永磁体或直流线圈)提供恒定磁通,磁化一段钢丝绳。钢丝绳中不连续(例如断丝)所引起的漏磁,能用不同的磁敏传感器(例如感应线圈、霍尔效应传感器等)来测定(见图 3),输出为电压信号,并被记录。此类仪器用于测定局部损伤。

漏磁原理的固有局限性:仪器不能给出有关损伤的确切数量方面的信息,只能给出钢丝绳中断丝、内部腐蚀和磨损等是否存在的提示性信息;不易辨别出较细的断丝、小断口断丝或接近于多断丝处的单根断丝;不易辨别出带有蚀坑的断丝;由于纯金属学性质引起的退化不易辨别,当钢丝绳是否报废是基于断丝增加的百分率时,在检测发现有断丝后,有必要增加检测的频次。

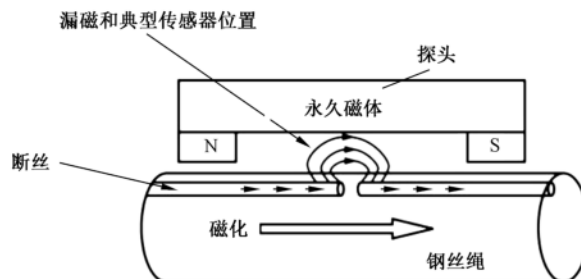


图 3 断丝导致漏磁的示意图

5 一般要求

5.1 仪器

5.1.1 仪器应由探头、信号处理单元、信号显示(报警)单元和信号储存(分析)单元等组成。

5.1.2 探头由磁化单元、磁敏单元和测距单元等组成,应符合以下要求:

- a) 探头应设计成可适用于不同直径的钢丝绳,必要时,可通过衬套等辅助装置防止钢丝绳在探头内发生横向移动,以保证检测时探头与钢丝绳大致处在同一轴心线上;
- b) 磁化单元包括永磁体或直流线圈,且能充分磁化仪器所设计范围(大小和结构)的钢丝绳;
- c) 磁敏单元包括霍尔效应传感器或感应线圈等可以有效测定磁场变化,并实现磁电信号转换的磁敏传感器;
- d) 测距单元包括测距轮或编码器,如有必要,还宜具有图示速度与钢丝绳速度同步且成正比的动态图像控制器。

5.1.3 信号处理单元的主要功能是将磁敏单元输出的电信号进行放大、滤波、模数转换等处理。

5.1.4 信号显示(报警)单元可以是视觉显示单元或图表记录器,宜具有检测距离和速度的输出功能,以显示当前检测移动距离和检测速度,还宜具备声光报警功能。

5.1.5 信号储存(分析)单元可使用多种储存媒介,如数据记录仪或多功能计算机等。其容量应确保能够在一次连续检测中存储整条钢丝绳长度的信号。

5.1.6 仪器性能应符合 GB/T 26832 的规定。

5.2 人员资格

5.2.1 从事钢丝绳无损检测的人员应当具备足够的钢丝绳检测经验和钢丝绳专业知识,人员上岗前,应由雇主或代理进行钢丝绳无损检测培训和操作授权。

5.2.2 如果合同有约定,按本文件实施检测的人员,应按 GB/T 9445 或合同各方同意的体系进行人员的资格鉴定与认证。

5.3 无损检测实验室资格

如果合同有约定,无损检测实验室应符合 GB/T 5616 的相关要求。

5.4 对比试样

5.4.1 钢丝绳对比试样

5.4.1.1 钢丝绳对比试样(见图 4)的参数包括:钢丝绳对比试样上人工损伤的类型、尺寸、位置和数量,钢丝绳对比试样上人工损伤尺寸的验证方法和允许误差,钢丝绳对比试样的直径和结构。

5.4.1.2 用于制作对比试样的钢丝绳应与被检钢丝绳一致。用于制作对比试样的钢丝绳应通过检测,确定并截取一个没有局部损伤和金属横截面积损失的绳段。该绳段还应足够长,以满足人工损伤所要求的间距以及拥有足够空间来避免钢丝绳端部效应。

5.4.1.3 按照合同约定的检测灵敏度制作钢丝绳对比试样。钢丝绳对比试样上的人工损伤,应采用去除或增加的方法在外层钢丝上形成平断口。典型的断口长度应为 1.5 mm, 3 mm, 6 mm, 12 mm, 25 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm, 400 mm 和 800 mm。断口间的距离为 760 mm,断口距钢丝绳端部不宜小于 1.2 m。

5.4.1.4 如果检测仪器被证实是可行的,并得到合同各方的同意,局部损伤和金属横截面积检测灵敏度的要求可比 5.4.1.3 更严格。

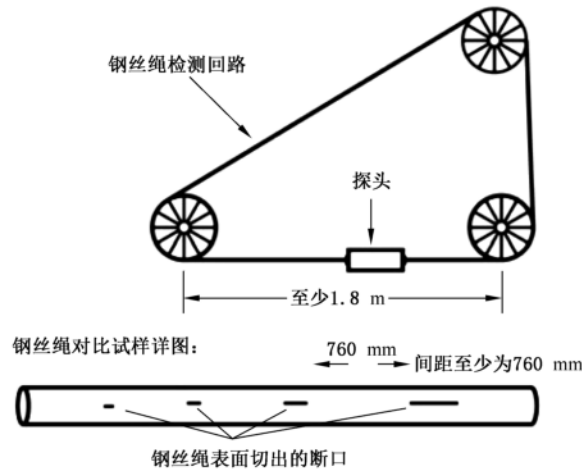


图 4 钢丝绳对比试样示例

5.4.2 钢条对比试样

5.4.2.1 钢条对比试样(见图 5)的参数包括:钢条对比试样的数量、长度和直径,钢条对比试样的使用场合。

5.4.2.2 钢条对比试样是由单根钢条组成的钢条束,钢条束的总横截面积与被检钢丝绳的金属横截面积相等。将钢条束放进探头中,沿探头轴向移动单根或多根钢条,来模拟由磨损、腐蚀或断丝等造成的钢丝绳中的金属横截面积损失。此方法能用于调节和校准仪器,可精确地给出和控制仪器响应的变化。

5.4.2.3 实验室校准规程中所用的钢条对比试样,最小宜为 1 m 长或按仪器制造商的推荐长度,以使钢条端部效应最小化。

5.4.2.4 检测前的磁场校验,可使用较短的钢条或钢丝。

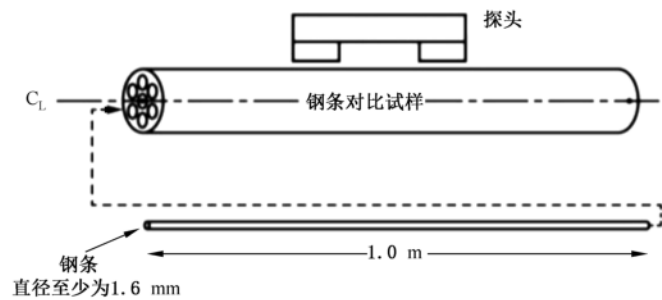


图 5 钢条对比试样示例

5.5 检测合同

检测合同宜包括下列内容:

- a) 验收准则;
- b) 测定 LMA 或 LF,或两者都检测;
- c) 钢丝绳检测区段(整段检测可要求设定多次,分段内检测可设定一次);
- d) 采用的校准方法:钢丝绳对比试样、钢条对比试样或两者都要;
- e) 设备校准的最大时间间隔。

6 检测方法

- 6.1 检测前,检测人员应查看并记录被测钢丝绳的结构、公称金属横截面积等信息,这些信息应由钢丝绳制造商或供应商提供。
- 6.2 如有需要,可在钢丝绳检测前进行消磁处理。应对钢丝绳进行重复检测,确保钢丝绳均匀磁化。
- 6.3 仪器应按检测工艺规程进行调节。开始检测前,宜通过对插入的已知横截面积的铁磁性钢条或钢丝的验证来设定灵敏度。此校准信号宜被记录并保存,以便日后对比使用。
- 6.4 探头应与钢丝绳大致处在同一轴心线上。应采用相对一致的速度移动探头或钢丝绳进行检测。在役钢丝绳检测前,应对钢丝绳使用设施进行检查,确认设施不会在钢丝绳运行时卡顿。
- 6.5 检测时,应关闭或远离可能对电磁无损检测有干扰的无线信号源。
- 6.6 当钢丝绳需要分段检测时,探头磁极方向宜保持一致。与记录仪联用时,宜在钢丝绳上两次相邻运行点的地方打上临时铁磁性标记。检测信号宜由同一台仪器按同一标准且在检测同一根钢丝绳时得到。
- 6.7 检测信号应用数据记录仪或多功能计算机等设备予以记录,以便复核分析使用。
- 6.8 为确保检测结果的可重复性,应至少进行两次的重复操作。
- 6.9 可在最初检测(新)钢丝绳时建立有关 LF 和 LMA/LF 仪器的局部损伤基准数据。不同时间检测同一根钢丝绳时,宜对仪器相关参数进行设置,使已知人工损伤的信号产生相同的振幅,人工损伤可通过与被检钢丝绳相匹配的钢条或钢丝制作。
- 6.10 当测定 LMA 时,应明确是与钢丝绳上象征钢丝绳最大金属横截面积的基准点做比较。基准点的状况有可能已在钢丝绳运转中恶化而不再与所象征的最初的(新的)钢丝绳值相同。因此,基准点应经目视或其他方法检测,以评定其现状。
- 6.11 如果检测显示在钢丝绳某些部位上存在严重的恶化,该部位宜再次进行检测。经复验,有严重恶化的钢丝绳部位应进行目视检测。

7 仪器校准与系统灵敏度测试

7.1 仪器校准

- 7.1.1 仪器宜按合同约定的验收准则进行校准。
- 7.1.2 在仪器首次使用、定期校验期间或出现可疑故障时宜进行校准。
- 7.1.3 仪器宜采用一个或多个钢丝绳对比试样或钢条对比试样进行校准。
- 7.1.4 校准方法可参照附录 A 进行。

7.2 系统灵敏度的调节与校准

- 7.2.1 用于设定和校验系统灵敏度的对比试样应按合同规定制作。
- 7.2.2 探头应根据被检材料尺寸进行调节,并在对比试样上安置。
- 7.2.3 对比试样应进行扫描,只要可行,仪器的参数和设定应根据合同要求的灵敏度进行调整。
- 7.2.4 静态校准时,钢丝绳对比试样应以检测时的速度穿过检测仪器中的磁场,以此来充分论证检测仪器的动态性能。按照校准要求规定进行的仪器设定应做记录。
- 7.2.5 系统灵敏度的测试方法可参照附录 B 进行。

8 检测记录和报告

8.1 下列信息作为检测数据应予记录：

- a) 检测日期；
- b) 检测编号；
- c) 客户标识；
- d) 钢丝绳标识(用途、位置、卷盘和绳号)；
- e) 钢丝绳直径和结构；
- f) 仪器编号；
- g) 仪器校准状态；
- h) 记录仪状态；
- i) 记录速度；
- j) 钢丝绳的评定基准点位置；
- k) 钢丝绳或探头的移动方向；
- l) 被检钢丝绳总长度；
- m) 检测速度。

8.2 如果合同有约定,检测结果应出具报告,检测报告至少应包含以下信息：

- a) 钢丝绳标识(用途、位置、卷盘和绳号)以及直径和结构；
- b) 仪器编号和校准状态；
- c) 钢丝绳的评定基准点位置；
- d) 钢丝绳或探头的移动方向；
- e) 检测速度和检测长度；
- f) 检测日期；
- g) 检测人员签名；
- h) 检验依据。

附 录 A

(资料性)

仪器校准方法

A.1 概述

仪器 LMA 定量重复性和示值误差的校准一般可采用钢丝绳对比试样校准法或钢条对比试样校准法。

A.2 钢丝绳对比试样校准法

A.2.1 钢丝绳对比试样校准法使用的钢丝绳对比试样可参照 5.4.1 要求制作,钢丝绳对比试样上的典型人工损伤宜满足:

- a) 断丝的断口宽度不小于 25 mm 或符合合同规定;
- b) 断丝的金属横截面积损失不小于钢丝绳金属横截面积的 1%。

A.2.2 将仪器探头安装到钢丝绳对比试样上,移动仪器或钢丝绳对比试样,对钢丝绳对比试样进行充磁,必要时重复多次,确保钢丝绳对比试样均匀磁化。

A.2.3 按照仪器标定步骤,在钢丝绳对比试样没有损伤的位置进行标定,标定完成后启动仪器进行检测,并记录人工损伤 LMA 的测量值。连续重复测试 10 次,10 次测量结果的最大值与最小值之差为 LMA 重复性,仪器的 LMA 重复性宜满足仪器自身性能要求。

A.2.4 按照仪器标定步骤,在钢丝绳对比试样没有损伤的位置进行标定,标定完成后启动仪器进行检测,并记录人工损伤 LMA 的测量值。连续重复测试 3 次,计算 LMA 示值误差,3 次测量的 LMA 平均值与 LMA 标准值之差为仪器的 LMA 示值误差。仪器的 LMA 示值误差宜满足仪器自身性能要求。

注: LMA 标准值为人工损伤的金属横截面积占钢丝绳对比试样总金属横截面积的比值。

A.3 钢条对比试样校准法

A.3.1 钢条对比试样校准法使用的钢条对比试样可参照 5.4.2 要求制作,宜满足:

- a) 钢条对比试样的总金属横截面积在仪器探头的检测范围以内;
- b) 单根钢条的金属横截面积不小于钢条对比试样总金属横截面积的 1%。

A.3.2 将仪器探头安装到钢条对比试样上,移动探头或钢条对比试样,对钢条对比试样进行充磁,必要时重复多次,确保钢条对比试样均匀磁化。

A.3.3 按照仪器标定步骤标定仪器,标定完成后启动仪器进行检测,在仪器的 LMA 量程内分别拔出多组不同数量的标准钢条(每组标准钢条的数量,可根据供需双方协定),并记录仪器测量的 LMA 值。每组连续重复测试 10 次,10 次测量的最大值与最小值之差为各组的 LMA 重复性。取各组结果的最大值为仪器的 LMA 重复性,仪器的 LMA 重复性宜满足仪器自身性能要求。

A.3.4 按照仪器标定步骤标定仪器,标定完成后启动仪器进行检测,在仪器的 LMA 量程内分别拔出多组不同数量的标准钢条(每组标准钢条的数量,可根据供需双方协定),并记录仪器测量的 LMA 值。每组连续重复测试 3 次。分别计算各组的 LMA 示值误差,3 次测量的 LMA 平均值与 LMA 标准值之差为示值误差。取各组结果的绝对值最大者为仪器的 LMA 示值误差,仪器的 LMA 示值误差宜满足仪器自身性能要求。

注: LMA 标准值为某组标准钢条的金属横截面积占钢条对比试样总金属横截面积的比值。

附录 B
(资料性)
系统灵敏度测试方法

B.1 概述

本方法旨在测试仪器 LF 和 LMA 检测灵敏度,测试在以下情况下进行:

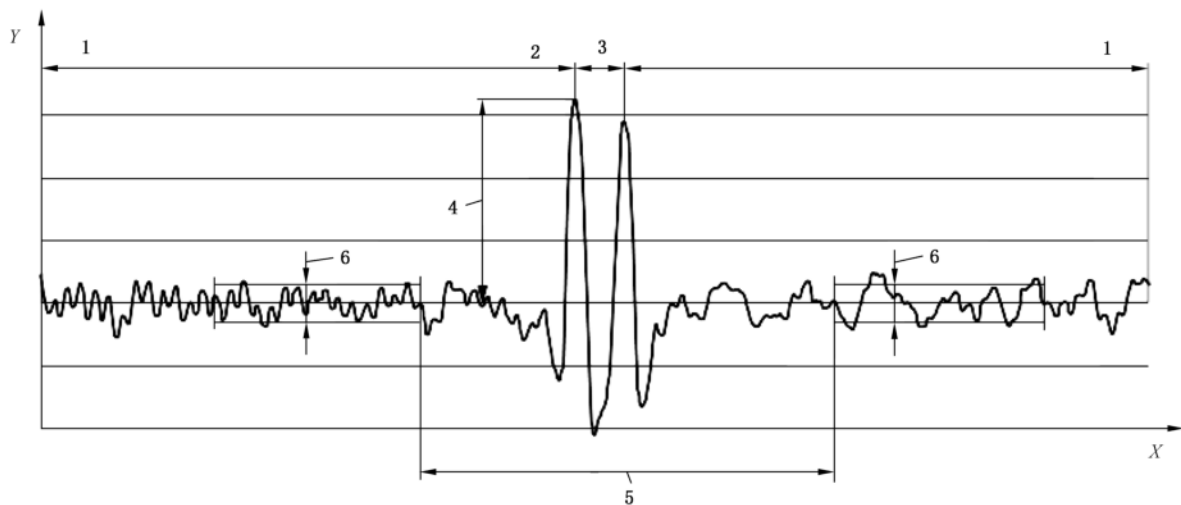
- a) 在仪器投入运行之前;
- b) 在不超过 12 个月的时间内,以验证性能是否保持。

B.2 LF 检测灵敏度测试

B.2.1 LF 检测灵敏度测试宜在钢丝绳对比试样上进行,钢丝绳对比试样可参照 5.4.1 要求制作,钢丝绳对比试样上的典型人工损伤宜满足:

- a) 包含两个断丝的人工损伤,其间隔等于钢丝绳直径且不大于 50 mm,断丝的断口宽度不小于 1.5 mm 或符合合同规定;
- b) 断丝的金属横截面积损失不小于钢丝绳金属横截面积的 1%。

B.2.2 LF 通道内两个断丝信号能够可靠检出,信号的振幅至少是基础信号的 2 倍,且两个连续的断丝显示为两个分离的信号振幅(见图 B.1)。



标引序号说明:

- 1——断丝两侧距离钢丝绳端部的自由长度,不宜小于 1.2 m;
- 2——两处断丝;
- 3——两处断丝信号的距离,最小为 1 倍钢丝绳直径,最大为 50 mm;
- 4——损失信号的高度;至少为基础信号高度的 2 倍;
- 5——变化信号;定义基础信号时,断丝信号 200 mm 内的变化信号不做考虑;
- 6——基础信号。

图 B.1 两个连续断丝信号

B.3 LMA 检测灵敏度测试

B.3.1 LMA 检测灵敏度测试宜在钢丝绳对比试样上进行,可采用 A.2.1 相同的钢丝绳对比试样。

B.3.2 LMA 通道内 LMA 信号能够可靠检出,信号的振幅至少是基础信号的 2 倍。
