

ICS XX
A XX
备案号 XX

DB42

湖北省地方标准

DB42/T xx-2021

桥用斜拉索锈蚀断丝检测方法和判定规则

Detection method and determination rule of corrosion and broken wire of
stay cable for bridge

(征求意见稿)

Draft for comments

2021-XX-XX 发布

2021-XX-XX 实施

湖北省质量技术监督局 发布

目次

| | |
|--------------------------|----|
| 引 言..... | 4 |
| 1 范围..... | 5 |
| 2 规范性引用文件..... | 5 |
| 3 术语和符号..... | 6 |
| 4 检测方法..... | 9 |
| 5 检测设备和检测人员..... | 12 |
| 6 检测规则..... | 18 |
| 7 现场检测..... | 19 |
| 8 检测结果判定..... | 21 |
| 附录 A 桥用斜拉索锈蚀断丝检测报告表..... | 23 |

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。

为便于理解将下文中“本方法和判定规则”全部用“本标准”代替。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由湖北省交通运输厅归口管理。

本标准主要起草单位：

主编单位：湖北楚天联发路桥养护有限公司

湖北省交通运输厅工程质量监督局

华中科技大学

参编单位：中南建筑设计院股份有限公司

中南安全环境技术研究院股份有限公司

湖北交投智能检测股份有限公司

武汉交通职业学院

湖北楚检科工程科技有限公司

武汉工大杰诚工程质量检测有限公司

本标准实施中的疑问请咨询湖北省交通运输厅。

本标准由湖北楚天联发路桥养护有限公司负责具体内容的解释。执行本标准过程中如有意见和建议，请及时函告湖北楚天联发路桥养护有限公司，以便修订时参考，联系地址：湖北省武汉市江汉区江汉经济开发区江发路38号佐尔美工业园A2栋3楼，邮编430022，电子邮箱：kefu@ctlf.com.cn，电话：027-83838889。

引 言

桥梁建设是我国基础设施建设中的重要一环，近年来大量的桥梁建设完成并投入使用。桥梁已成为交通线路中的重要纽带，因此其运营安全受到了越来越高的重视。其中斜拉桥、悬索桥和系杆拱桥等形式的桥梁使用钢索作为主要的承重结构，钢索的健康状态决定了整座桥梁的运营安全，因此钢索的健康安全尤为重要。目前桥梁所采用的钢索，其内部由多根高强度钢丝或钢绞线按一定的形状排列成束，并使用高强度聚酯纤维带缠绕以固定形状；钢索外层是双层同步挤压成型的高密度聚乙烯(HDPE)防护套管，用于内部钢丝或钢绞线的防护。

斜拉桥虽具有跨越能力大、结构型式简洁、受力明确、空气动力稳定性好、结构轻巧美观等优点，但拉索腐蚀、断丝已经成为影响桥梁结构使用寿命、严重威胁桥梁结构服役安全的最主要因素之一。钢索腐蚀断丝受两个因素影响：一是钢索长期工作在风吹、暴晒和雨雾等恶劣的户外环境下，可能导致钢索外层保护或者端部密封失效，致使雨雾渗入到钢索内部，导致拉索腐蚀；二是在役的钢索处于高应力状态，其内部钢丝相对于自由状态的钢丝更容易锈蚀甚至断丝。锈蚀坑一旦形成，即使微小的锈蚀也会引发应力集中，引发连锁反应，加速钢索的破坏。加强拉索内部质量检测、规范检测方法和判定规则是保证斜拉桥运营安全的重要手段。

本标准是根据鄂质监标函[2018]243号文《省质监局关于下达2018年度湖北省地方标准制修订项目计划（第二批）的通知》，在国家、行业相关技术规范的基础上，结合我省实际情况编制而成。

本标准包括8章和1个附录，主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和符号、检测方法、检测设备和检测人员、检测规则、现场检测、检测结果判定、附录。

1 范围

1.0.1 本标准作为地方检验标准，规定了桥用斜拉索锈蚀及断丝损伤的定量检测方法和判定规则。

1.0.2 本标准适用于市政及公路桥梁斜拉索索体内部质量的无损检测。

1.0.3 桥用斜拉索锈蚀断丝检测的抽样、方法、判定除应符合本标准外，还应符合国家和行业现行有关规范与标准的规定。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 28704 无损检测 磁致伸缩导波检测方法

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 12604.4 无损检测 术语 声发射检测

GB/T 12604.10 无损检测 术语 磁记忆检测

GBT8706 高强钢丝缆索术语、标记和分类(GB/T8706-2006, ISO17893:2004, IDT)

GBT9445 无损检测人员资格鉴定与认证(GBT9445-2005, ISO9712:2005, IDT)

GBT20737 无损检测通用术语和定义(GBT20737-2006, ISO/TS18173:2005, IDT)

GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索(GB/T 18365-2018)

桥用斜拉索锈蚀断丝检测方法和判定规则可以和《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)中7.3.1吊索评定指标及分级评定标准配套使用，可以和《城市桥梁养护技术标准》(CJJ 99-2017)中5.8悬索桥配套使用。

3 术语和符号

GB/T 12604.1、GB/T 12604.4 和 GB/T 12604.10 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 波导 waveguide

定向引导特定频率超声波的结构件，如钢索、细棒材、管材或薄板，当其壁厚与波长接近时，则纵波和横波受边界条件的影响，不能按原来的模式传播，而是按照特定的形式传播。

3.2 导波 guided wave

一种以超声或声频率在波导中平行于边界传播的弹性波，与传统超声检测的恒定波速相比，导波检测中波速会随着波的频率和构件几何尺寸变化发生显著变化。

3.3 磁致伸缩效应 magnetostrictive effect

铁磁性材料受外磁场作用时，其尺寸、形状发生变化的现象。

3.4 逆磁致伸缩效应 inverse magnetostrictive effect

铁磁性材料在受到(长度方向)轴向外力时，其内部磁场状态发生变化的现象。

3.5 群速度 group velocity

能量传播的速度。

3.6 相速度 phase velocity

相同相位点扰动传播的速度。

3.7 波结构 structure of wave

对同一模态导波的质点位移与应力在构件中分布的状态。

3.8 截面损失 cross sectional area loss

被检构件缺陷处横截面减少的面积。

3.9 截面损失率 ratio of cross sectional area loss

被检材料或构件缺陷处横截面减少的面积与其公称横截面总面积的比值。

3.10 有效检测距离 effective testing length

在一定灵敏度条件下仪器可达到的最大检测距离。

3.11 模态 mode

导波在传播过程中的特定运动形式，在管、棒等中有纵向、扭转和弯曲三种模态：

纵向模态——以压缩伸长运动形式在构件中传播的导波模态。

扭转模态——以扭转运动形式在构件中传播的导波模态。

弯曲模态——以弯曲运动形式在构件中传播的导波模态。

3.12 交变磁场 alternating magnetic field

由交变电流在铁磁性材料中产生的磁场。

3.13 交变应力 alternating stress

由交变磁场在铁磁性材料中产生的应力。

3.14 超声波脉冲 ultrasonic pulse

持续时间短促的超声波信号。

3.15 漏磁 magnetic flux leakage

磁场在不连续介质表面产生的泄漏

3.16 磁激励源 magnetic excitation source

由通电电流或永磁体产生的磁化场源

3.17 漏磁场 magnetic flux leakage field

由磁激励源在铁磁性材料中泄漏产生的磁场

3.18 频散曲线 dispersion curve

求解频散方程得到的波速与频率的关系曲线。一般横坐标表示波的频率、波长或周期，纵坐标表示群速度或相速度。

3.19 激励信号 exciting signal

通入激励线圈的电流。

3.20 激励信号频率 frequency of exciting signal

激励电流的标称频率。

3.21 激励信号幅值 amplitude of excitation signal

激励电流的标称幅值。

3.22 激励信号周期数 number of excitation signal cycles

激励电流的标称周期数。

3.23 重复频率 repetition frequency

每秒激励或采集的次数。

3.24 采样频率 sampling frequency

每秒从连续信号中提取并组成离散信号的采样点数。

3.25 距离-波幅曲线 distance-amplitude curve

在实验室内由不同截面损失率的人工缺陷反射波幅直接绘制而成的曲线，由记录线、评

定线和判废线组成。

3.26 时基显示 time-base display

将检测信号与时间同步显示。

3.27 距离显示 distance display

将检测信号与距离同步显示。

3.28 等空间采样 equi-spaced sampling

按照等间隔距离对信号进行采样。

3.29 等时间采样 equi-time sampling

按照等时间间隔对信号进行采样。

3.30 泄漏磁感应场强度 Leakage magnetic induction field intensity

缺陷或不连续处泄漏磁场的磁感应强度。

3.31 霍尔传感器 Hall sensor

基于霍尔效应制造的磁敏感元件传感器。

3.32 校准试件 calibration specimen

用于对检测设备进行灵敏度和各种功能测试的试件。

3.33 索体实测有效截面积 Measured effective sectional area of cable body

通过无损检测获得的拉索钢丝截面的总面积。

3.34 索体标称有效截面积 Nominal effective sectional area of cable body

根据现场检测的拉索的规格，通过 GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索标准查阅的钢索内部钢丝直径后，所计算出的拉索钢丝截面的总面积。

3.35 索距长度 wire strand distance

一般为钢索公称直径的 6 倍长度。

3.36 磁致伸缩导波仪 magnetostrictive guided wave instrument

由信号发生器、功率放大器、放大滤波电路、数据采集模块组成。

3.37 漏磁仪 magnetic flux leakage instrument

由磁激励源、磁敏感元件传感器、功率放大器、放大滤波电路和数据采集模块组成。

4 检测方法

4.01 钢索检测方法概况

适用于钢索检测的方法有声发射、射线、磁致伸缩导波、漏磁。其中声发射法可用于钢索的长期监测，但由于钢索钢丝之间的摩擦导致信号信噪比低、长期监测过程中需要能源供给、仅能给出相对检测结果；射线检测法能够检测索体和锚固区的内部缺陷，由于检测效率低、图像解释困难、造价高、存在辐射污染的问题使其应用受限。磁致伸缩导波具有单点激励即可实现长距离、快速、非接触检测的特点，适用于缆索这类细长构件的大范围检测。漏磁法检测具有确定缺陷的位置、类型、面积的优点，适用于钢索的检测。

4.0.2 磁致伸缩导波法检测原理

磁致伸缩导波检测方法，是在激励线圈作用下，由交变磁场在铁磁性材料中产生交变应力，利用拉索本身铁磁性材料的磁致伸缩效应，产生沿拉索轴线的超声波脉冲，通过对脉冲信号的分析，进而反应出拉索内部缺陷性质及范围的一种检测方法。

检测时，首先在索体表面缠绕激励线圈，由通入激励线圈中的大电流脉冲产生交变磁场。磁场强度大小可表示为：

$$H = N * I / L \quad (1)$$

式中：

N ——激励线圈的匝数；

I ——激励线圈中通入的电流（A）；

L ——线圈的宽度（m）。

H ——交变磁场强度（kA/m）。

当应力波通过接收线圈时，由于逆磁致伸缩效应会引起接收线圈的磁通量发生变化，接收线圈将磁通量变化转换为电压信号，该电压 E 等于磁通量随时间变化率的负值：

$$E = - N(d\Phi/dt) \quad (2)$$

式中：

E ——电压；

Φ ——磁通量；

t ——时间;

$(d\Phi/dt)$ ——磁通量对时间的导数

通过测量检测线圈的电压信号就可以间接获得反射回来的超声导波信号的时间幅度,从而获取缺陷的位置和大小等信息。

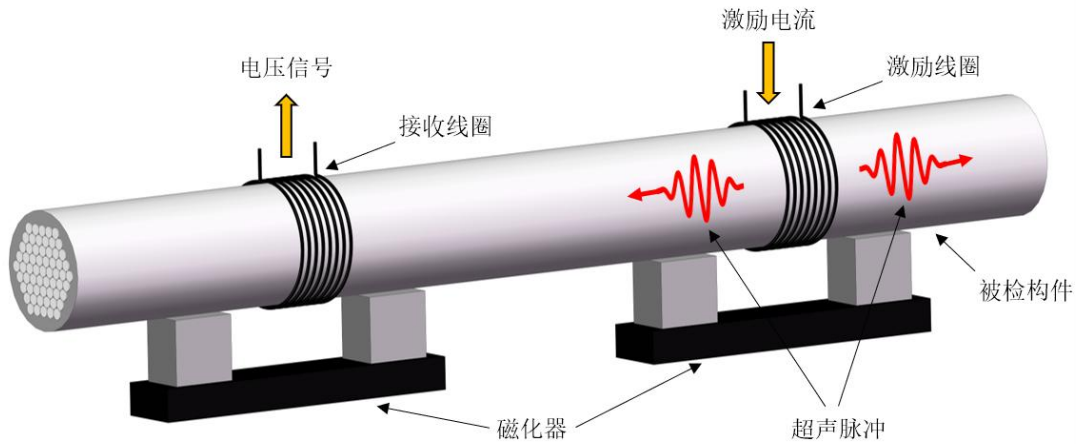


图1 磁致伸缩导波法检测原理图

4.0.3 漏磁法检测原理

漏磁法检测,是索体被永磁体磁化后,缺陷处产生的漏磁场被检测传感器感应并转换为模拟电信号,通过分析信号参数反应拉索缺陷性质及范围一种检测方法,如图2所示。当永磁体磁化源靠近待检测构件表面进行局部磁化时,待检测体缺陷或不连续处产生的泄漏磁感应场强度 B :

$$B = \mu_0(H + M) \quad (3)$$

式中:

B ——泄漏磁感应场强度

μ_0 ——为待检测体真空磁导率;

H ——为待检测体磁场强度;

M ——为待检测体磁化强度;

N ——磁敏元件线圈匝数。

漏磁检测仪探头磁敏感元件传感器线圈捕获泄漏磁场根据电磁感应定律转换为电压信号:

$$U = -Nd\Phi/dt \quad (4)$$

式中：

U ——电压；

Φ ——磁通量；

t ——时间；

$(d\Phi/dt)$ ——磁通量对时间的导数

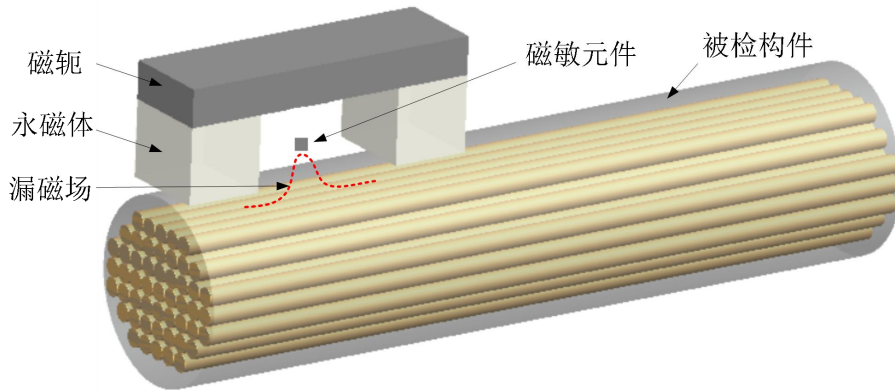


图 2 漏磁法原理图

在索体外设置可移动永磁体及磁敏感元件霍尔传感器，当永磁体沿索体长度方向移动时，则有相应区域被永磁体磁化。如果区域内存在索体缺陷，则缺陷位置会出现漏磁场，霍尔传感器可以感应漏磁场的磁场强度，并转换为模拟电信号，通过分析漏磁场分部面积及磁场强度，可以确定缺陷的类型、位置及分部面积等信息。

4.0.4 磁致伸缩导波法检测和漏磁法检测使用裁定说明

磁致伸缩导波法用于钢索锚固段、可达区域的检测；漏磁法用于钢索可达区域的检测。对于检测结果，通过开窗的方式进行验证。

4.0.5 适用范围

本标准适用于检测GB/T 18365-2018斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索附录A中规定的拉索。

5 检测设备和检测人员

5.1 磁致伸缩导波检测仪技术要求

5.1.1 基本功能

磁致伸缩导波检测仪应具有频散曲线计算、信号激励、数据采集、信号波形显示、分析与存储等基本功能，且至少满足以下要求

1. 根据被测拉索特征参数，给出频散曲线；
2. 激励信号的频率、幅值、周期数、重复频率可调（根据经验，索直径、长度等给出调整范围）；
3. 数据采集频率不低于激励信号最高频率的10倍，应与信号激励具有同步功能；
4. 具有稳定的供电系统，电源电压稳定；
5. 连续工作不小于8h；
6. 检测信号应能实施存储，以备后续分析及处理，且应具有绘制的存储距离-波幅曲线的功能；
7. 具有时基显示和距离显示两种方式，且可实现波形局部放大；
8. 能够分析缺陷的位置和截面损失当量，缺陷位置的最小分辨率应达到1mm，截面损失率的最小分辨率应达到0.5%；
9. 仪器应具有截面损失率报警功能，当信号超过设定的阈值时报警，报警阈值应根据需要可调。

5.1.2 磁致伸缩导波检测系统

磁致伸缩导波检测仪器系统如图3所示。首先，根据被检构件计算其频散曲线，频散曲线包括相速度频散曲线和群速度频散曲线，选择纵向模态导波和激励信号频率，纵向模态导波的波结构主要为纵向振动；第二步，计算机控制信号发生单元，产生所需频率的信号源，经功率放大单元放大后驱动传感器产生所需模态的导波，并在被检构件内传播；第三步，当导波在构件内传播遇到腐蚀等缺陷时会产生反射回波，被传感器接收到；第四步，前置放大器将传感器接收到的信号放大后传输到信号主放大器，通过A/D转换输入计算机，计算机进行信号分析处理后，得到检测信号波形及结果。

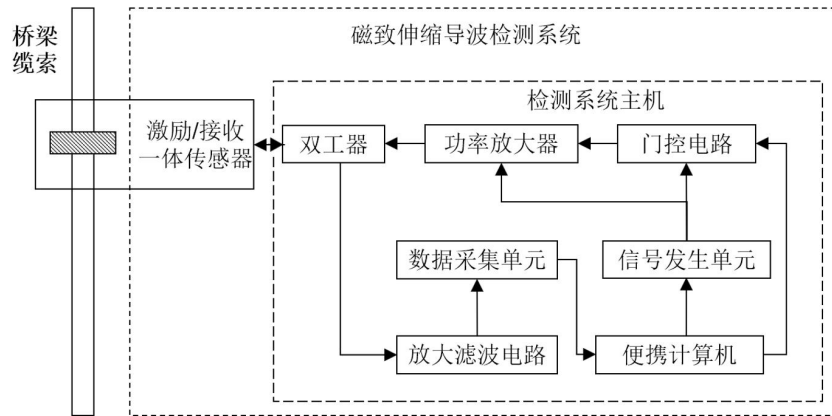


图3 磁致伸缩导波检测系统

5.1.3 磁致伸缩导波检测仪应符合国家现行有关标准的要求，并在法定计量检定有效期内使用。

5.1.4 传感器的设计与安装应满足以下要求

1. 传感器应满足不同直径索体的测试需求；
2. 永磁磁化器布置视索体直径不同，应满足表1所示的布置数量，磁化器排列示意图如图4所示。
3. 每个传感器应给出被检索体的直径、工作温度、材料等适用范围。
4. 按照确定的检测方案在被检构件上确定传感器安装的具体位置，传感器的安装部位应尽可能远离被检构件减震器（阻尼器）、锚头等结构复杂部位；
5. 线圈应尽可能靠近被测拉索，以减小外界电磁、振动等干扰。
6. 磁化器应尽可能均匀布置在拉索表面，且磁化器的轴线与拉索轴线方向平行。

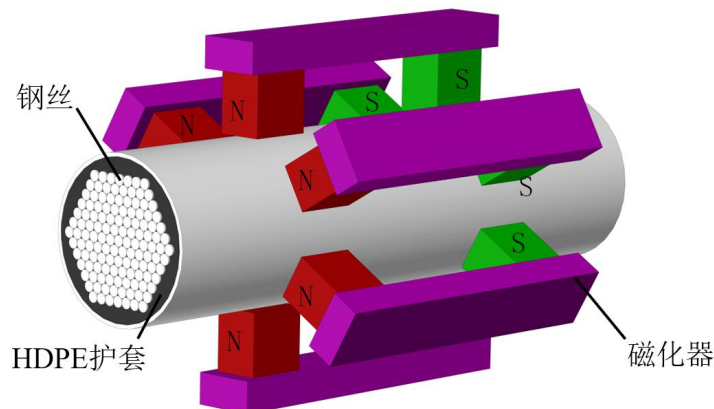


图4 磁化器布置示意图

表1 不同规格钢索布置的磁化器数量

| 钢索型号 | 钢索直径 | 磁化器个数 |
|---------------|---------|-------|
| PES (C) 7-55 | Φ 72mm | 4 |
| PES (C) 7-61 | Φ 77mm | 4 |
| PES (C) 7-73 | Φ 82mm | 5 |
| PES (C) 7-85 | Φ 87mm | 5 |
| PES (C) 7-91 | Φ 93mm | 6 |
| PES (C) 7-109 | Φ 97mm | 6 |
| PES (C) 7-121 | Φ 103mm | 6 |
| PES (C) 7-127 | Φ 109mm | 6 |
| PES (C) 7-139 | Φ 111mm | 7 |
| PES (C) 7-151 | Φ 113mm | 7 |
| PES (C) 7-163 | Φ 120mm | 7 |
| PES (C) 7-187 | Φ 127mm | 8 |
| PES (C) 7-199 | Φ 130mm | 8 |
| PES (C) 7-211 | Φ 135mm | 8 |
| PES (C) 7-223 | Φ 139mm | 8 |
| PES (C) 7-241 | Φ 141mm | 8 |
| PES (C) 7-253 | Φ 145mm | 9 |
| PES (C) 7-265 | Φ 150mm | 9 |
| PES (C) 7-283 | Φ 153mm | 9 |
| PES (C) 7-301 | Φ 157mm | 9 |
| PES (C) 7-313 | Φ 160mm | 10 |
| PES (C) 7-337 | Φ 166mm | 10 |
| PES (C) 7-349 | Φ 168mm | 10 |
| PES (C) 7-367 | Φ 173mm | 10 |
| PES (C) 7-379 | Φ 178mm | 11 |
| PES (C) 7-409 | Φ 184mm | 11 |
| PES (C) 7-421 | Φ 185mm | 11 |
| PES (C) 7-439 | Φ 191mm | 12 |
| PES (C) 7-451 | Φ 193mm | 12 |
| PES (C) 7-475 | Φ 198mm | 12 |

5.1.5 校准试件

校准试件用于对检测设备进行灵敏度和其他功能的测试。校准试件选择GB/T 18365斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索中的拉索即可，钢索表面有接近3%、6%、9%截面损失率的断丝槽各一个，断丝槽宽度在0.5mm~2mm之间如图5所示。校准试件的切槽位置的要求如表2所示。

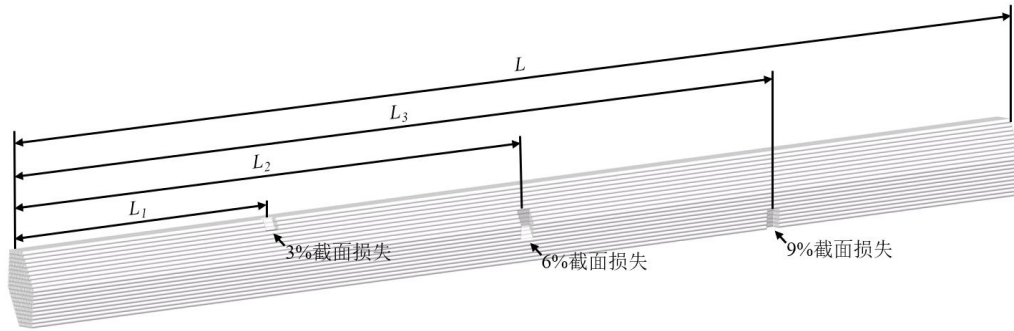


图5 校准试件去除PE后的断丝示意图

表2 校准试件的要求

| 序号 | 长度L/m | 截面损失的位置/m | | |
|----|-------------|-----------|-------|-------|
| | | L_1 | L_2 | L_3 |
| 1 | $L \geq 23$ | 7 | 12 | 17 |
| 2 | $L \geq 31$ | 9 | 16 | 23 |
| 3 | $L \geq 44$ | 12 | 22 | 32 |

5.1.6 检测设备的标定、校准和维护

1. 设备每次使用前应使用校准试件标定，标定结果合格方可使用，若标定结果不合格应视情况选择调整测试参数、重新计量或返厂维修；
2. 永磁磁铁每次使用后应擦拭干净，放入设备箱内，存放范围内不可有较强磁场。
3. 激励线圈每次使用前确保没有短路或断路。
4. 设备应每年进行一次计量。

5.1.7 检测人员需持证上岗，除掌握正确的检测方法外，还应遵守被检件现场的安全要求，穿戴防护工作服，佩戴有关防护设备。

5.2 漏磁法检测仪技术要求

5.2.1 基本功能

漏磁法检测仪应具有励磁电路、信号采集系统、信号波形显示、分析与存储等基本功能，且至少满足以下要求：

1. 采用双回路励磁电路的设计，保漏磁信号的稳定；
2. 磁敏元件建议选取霍尔元件以提高检测的精度、速度；
3. 根据不同索体直径设计的检测设备，应满足霍尔元件最大检测角度的要求；

4. 检测仪设计有稳定的导轮体系沿索体爬行，可采用自带动力或辅助牵引的方式，爬行机构应保证有一定调节量，防止在索体上卡停；
5. 信号采集系统要具有信号放大功能、低通滤波功能、高通滤波功能、且能有效屏蔽股波信号；
6. 检测仪采样应按等空间采样，利用导轮转动带动编码器确定空间采样频率，避免等时间采样受爬行速度不均匀造成的缺陷面积放大或缩小；
7. 空间采样间隔应在设备出厂前进行设定；
8. 导轮需定期更换，避免磨损造成的编码器失准；
9. 检测信号应能实时存储，以备后续分析及处理，且应具有绘制的存储距离-波幅曲线的功能；
10. 能够分析缺陷的位置和截面损失当量，缺陷位置的最小分辨率应达到1mm，截面损失率的最小分辨率应达到0.5%；
11. 仪器应具有截面损失率报警功能，当信号超过设定的阈值时报警，报警阈值应根据需要可调；
12. 检测系统应具有信号历史波形回放查看及分析功能；
13. 检测系统应具有报表生成及结果分析功能。

5.2.2 检测系统设计

漏磁检测仪器系统构成如图3所示。首先，根据待检测构件外径大小选择磁激励及传感单元，对待检测构件进行局部磁化；第二步，将检测探头沿桥梁钢索轴向反复扫查，当扫查探头遇到钢索内外部断丝、腐蚀及磨损等缺陷时，磁化场泄漏至空气并被磁敏元件传感器捕获；第三步，传感器拾取缺陷信号传输至放大滤波电路进行预处理，通过A/D转换数据采集单元进一步输入计算机，同时，带有导轮机构的扫查探头将位置信息通过位置编码器单元传输至计算机；第四步，计算机对输入的位置信息及缺陷检测信号进行分析处理，得到等空间/等时间信号波形及报表式检测结果。

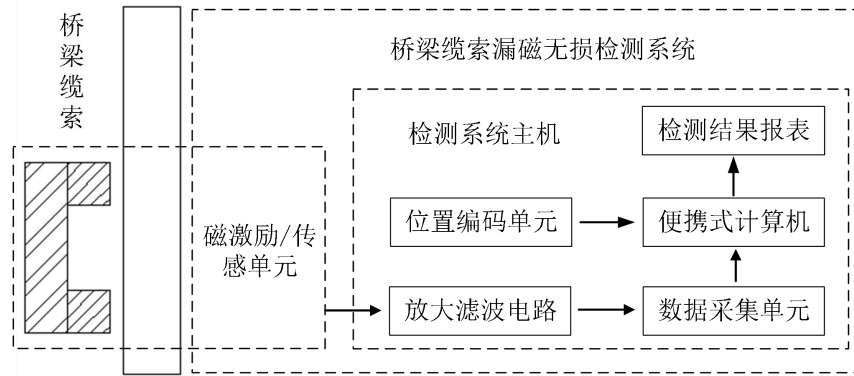


图 3 桥梁钢索漏磁无损检测系统构成

5.2.3 桥梁钢索漏磁无损检测仪应符合国家现行有关标准的要求，并在法定计量检定有效期内使用。

5.2.4 检测设备的维护和校准

1. 设备每次使用前应使用校准试件标定，标定结果合格方可使用，若标定结果不合格应视情况选择调整测试参数、重新计量或返厂维修；
2. 维护设备整洁，每次设备使用完磁化器及检测探头内腔的铁屑要及时清理干净。
3. 安装设备前，确保导轮及耐磨套磨损量在允许范围内，一般不超过5%。
4. 设备应每年进行一次计量。

6 检测规则

6.0.1 斜拉索作为桥梁重要构件，应定期进行锈蚀、断丝检测。

按照《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99-2017）要求，新建桥梁交付使用后一年进行第一次检测，以后最长不超过三年进行一次检测；对于检测有腐蚀断丝的钢索，往后应每年检测一次。

6.0.2 发生下列情况，应进行斜拉索锈蚀、断丝检测：

1. 受到非正常工作状态的较强冲击载荷；
2. 明显的超额定载荷工作；
3. 结构监控中的斜拉索有索力下降，或者常规检测结果出现异常的（上下锚头部位混凝土裂缝超大、锚头可见部位变形、锈蚀腐蚀严重）；
4. 受到较强机械冲击（车辆挤压、冲撞、船舶撞击）；
5. 护套局部有明显鼓包；
6. 斜拉桥震后检查；
7. 其他涉及斜拉索承载能力超限或体系完整性的情况

6.0.3 检测验证

锈蚀断丝检测应采用无损检测的方式，检测后对确定病害部位应重复检测并现场开窗验证，应通过抽检的方式确定开窗的拉索的数量，由于开窗难度较大，开窗的数量还需和业主讨论确定，开窗检测完成后进行PE复原处理。

6.0.4 拉索的定期检测

定期检测分索体锈蚀、断丝检测及锚固端锈蚀检测，检测仪器选取遵从以下要求。

1. 索体锈蚀断丝检测中平行钢丝组成的索体，因其股波效应较弱，可采用磁致伸缩导波仪或漏磁法检测仪。
2. 索体锈蚀断丝检测中钢绞线组成的索体，引起其股波效应较强，建议采用漏磁法检测仪。
3. 锚头的锈蚀检测，可采用磁致伸缩导波检测仪，测试时注意导波方向应朝向被测锚固端。

7 现场检测

7.1 检测前的准备工作。

包括但不限于以下内容：；

1. 了解斜拉索设计资料，确定拉索编号、拉索长度、直径、内部钢丝结构形式及护套尺寸等，确保拉索长度在磁致伸缩导波有效检测距离之内。
2. 查询检测时段天气情况，避免大风、暴雨、雷电、雾霾等恶劣天气实施检测作业。
3. 被检件运行记录资料：开停车情况、运行参数、工作介质、载荷变化情况以及运行中出现的异常情况。
4. 检验资料：历次检验与检测报告。
5. 其他资料：修理和改造的文件资料等。
6. 登记设备资料、人员资格资料等。
7. 记录钢索的张拉力情况。

7.2 磁致伸缩导波仪现场检测

7.2.1 现场检测的流程及要点

a) 观察检测环境，若桥梁为铁路桥，则待火车通行完成后再进行检测；若为公路桥，则将仪器设备放置在临时封闭的道路旁边，在确保检测人员的自身安全条件下有序开展检测。

b) 将传感器按照5.1.4的要求布置在钢索表面，测量并记录传感器布置的位置；

c) 将传感器与仪器主机连接，并将仪器接地端口与桥基座连接；

d) 打开仪器开关通电，使仪器达到稳定工作状态；

e) 按照被检钢索的规格，确定检测频率、激励信号幅值、激励信号周期数等设定仪器的工作参数，对检测数据进行命名，多次采集数据，通过取平均值的方式滤除随机噪声，保存检测数据；

f) 在检测完成后，观察此次数据是否保存，确认保存后再进入下一根钢索的检测。

7.3 漏磁仪现场检测

7.3.1 现场检测的流程及要点

a) 将漏磁检测探头按环抱式结构安装在钢索表面，编码轮以一定张紧力贴近待检测钢索表面，以实现相对扫查运动及位置测量；

b) 将传感器探头与数据采集系统端口连接，将数据采集系统与检测主机计算机系统连

接：

c) 打开漏磁检测主机系统开关，对检测探头及主机系统进行标定，使检测系统达到稳定工作状态；

d) 根据待检测钢索规格，设置检测系统端口号，缺陷报警门限等工作参数，对检测系统保存数据进行命名，采集检测数据；

e) 移动检测探头来回扫查待检测钢索，观察检测信号特征，生成检测报告；

f) 检测完成后，检查数据保存是否完整，确认无误后检测下一根钢索。

8 检测结果判定

8.0.1 索体断丝的判定

以被测索体实测有效截面积的损失量相对于索体标称有效截面积的百分比为判定

1. 面积损失百分比小于1%，为正常；
2. 面积损失百分比大于1%，但小于2%，被测索体可在加强养护的条件下，增加年度检测频率，在确定界面损失率不增加的情况下继续使用；
3. 面积损失百分比大于等于2%，需更换索体。
4. 钢索更换或在规定期限内进行下一次检测以破化程度最大的一个索距内断丝数作为判断依据，可参如下标准。

表1 钢索断丝数及更换、报废参考标准

| 条件 | 更换钢索或由有资质的专业人员 在规定期限内检查钢索 | | 立即报废钢索 | |
|----------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | 6股×19丝 | 8股×19丝 | 6股×19丝 | 8股×19丝 |
| 断丝在外层股中随机分布 | 每个索距内多于12根* | 每个索距内多于15根* | 每个索距内多于24根* | 每个索距内多于30根* |
| 断丝集中在一个或二个外层股中 | 每个索距内多于6根* | 每个索距内多于8根* | 每个索距内多于8根* | 每个索距内多于10根* |
| 在一个外层股中的相邻断丝 | 4根 | 4根 | 多于4根* | 多于4根* |
| 股谷断丝 | 每个索距内1根* | 每个索距内1根* | 每个索距内多于1根* | 每个索距内多于1根* |

*一个索距长度近似等于 $6 \times d$ (其中d为钢索公称直径)。

8.0.2 索体锈蚀的判定

以被测索体实测有效截面积的损失量相对于索体标称有效截面积的百分比为判定

1. 面积损失百分比小于等于5%，为正常；
2. 面积损失百分比大于5%，小于10%的，被测索体可在加强养护的条件下，增加年度检测频率，在确定界面损失率不增加的情况下继续使用；
3. 面积损失百分比大于等于10%，需更换索体。

8.0.3 检测报告

1. 磁致伸缩超声导波检测报告至少应包括如下内容：
2. 被检构件使用单位、编号；
3. 规格、几何尺寸、工作环境及使用年限；
4. 材料牌号、公称几何尺寸、涂层厚度、表面状态；
5. 执行标准、参考标准；
6. 检测仪器名称、型号、检测频率；
7. 对比试件的材料、尺寸、缺陷的形状；
8. 对比试件的距离-波幅曲线；
9. 仪器检测状态参数的设置值；
10. 被检构件及其缺陷位置示意图；
11. 检测软件名称、检测设置文件名称及数据文件名称；
12. 结论；
13. 检测与审核人员资格、签字及日期。

附录 A

附录 A 桥用斜拉索锈蚀断丝检测报告表

| | | | |
|---------|--|--------|--|
| 使用单位 | | 桥梁名称 | |
| 执行标准 | | 钢索编号 | |
| 钢索规格 | | 钢索长度 | |
| 使用年限 | | 仪器型号 | |
| 检测频率 | | 检测时间 | |
| 工作环境 | | | |
| 传感器布置图 | | 现场检测照片 | |
| | | | |
| 检测波形 | | | |
| | | | |
| 异常信号位置 | | 振幅 | |
| 异常信号描述 | | | |
| 斜拉索检测结论 | | | |
| 评定标度 | | | |