

ICS 77 140 65

CCS H 49



团 体 标 准

T/CEATEC XXX—2026

钢丝绳在线漏磁检测探头浮动跟踪机 构性能测试方法

Steel wire rope online magnetic flux leakage detection probe floating
tracking mechanism performance test method

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 测试条件	1
4.1 环境条件	1
4.2 供电条件	2
4.3 试样条件	2
4.4 预运行条件	2
5 试验设备	2
5.1 钢丝绳循环运行试验台	2
5.2 加载及扰动装置	2
5.3 测量与数据采集设备	3
5.4 附加设备	3
6 测试方法	3
6.1 测试前准备	3
6.2 静态浮动偏差测试	3
6.3 动态跟踪误差测试	3
6.4 响应时间测试	4
6.5 接触压力测试	4
6.6 耐久性循环测试	4
6.7 抗振动干扰测试	4
7 数据处理	4
7.1 原始数据记录	4
7.2 数据预处理	5
7.3 时间/位置同步	5
7.4 特征量计算	5
7.5 异常情况处理	6
7.6 数据结果	6
8 测试报告	6
8.1 报告内容	6
8.2 报告保存	6

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。

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

钢丝绳在线漏磁检测探头浮动跟踪机构性能测试方法

1 范围

本文件规定了钢丝绳在线漏磁检测探头浮动跟踪机构（以下简称“浮动跟踪机构”）性能测试的测试条件、试验设备、测试方法、数据处理和测试报告。

本文件适用于安装于钢丝绳漏磁检测探头上的各种机械式、弹性式、滑动式或复合式浮动跟踪机构的性能评价。

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 3102.5 电学和磁学的量和单位

GB/T 8706 钢丝绳 术语、标记和分类

GB/T 8918 重要用途钢丝绳

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 34357 无损检测 术语 漏磁检测

3 术语和定义

GB/T 8706、GB/T 34357界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

浮动跟踪机构 floating tracking mechanism

安装在漏磁检测探头外部或内部，用于适应钢丝绳运行过程中径向位移、椭圆度、跳动和摆动，实现探头贴合并保持稳定检测间隙的机构总成。

3.2

浮程 floating stroke

浮动跟踪机构沿径向方向可允许的最大机械位移，单位为mm。

3.3

动态跟踪误差 dynamic tracking error

钢丝绳运动过程中实际接触位置与理论位置偏差的最大绝对值。

4 测试条件

4.1 环境条件

4.1.1 测试环境温度应为 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，当在不同温度条件下进行测试时，应在报告中注明实际测试温度。

4.1.2 相对湿度应为40%~70%RH。

4.1.3 大气压力应为86kPa~106kPa。

4.1.4 环境磁场强度不应大于0.5mT。

4.2 供电条件

4.2.1 电源类型、额定电压和功率应符合产品技术文件规定，并应配置过流、短路及过压保护装置。

4.2.2 交流供电电压偏差不应超过 $\pm 10\%$ ，直流电源电压偏差不应超过 $\pm 5\%$ 。

4.2.3 交流电源频率应为 $50\text{Hz} \pm 1\text{Hz}$ ，并应保持稳定。

4.2.4 直流电源纹波系数应不大于5%。

4.2.5 设备外壳应可靠接地，接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ ；绝缘电阻在500V兆欧表作用下不应小于 $20\text{M}\ \Omega$ 。

4.2.6 供电系统应满足电磁兼容性要求，并应能在GB/T 17626.2规定的3级静电放电抗扰度条件下正常工作。

4.3 试样条件

4.3.1 钢丝绳试样

钢丝绳试样应符合以下要求：

a) 应符合GB/T 8918的要求，选取与实际检测对象规格一致的钢丝绳；

b) 直径公差应不超过 $\pm 0.1\text{mm}$ ，长度不小于2m；

c) 表面应无明显损伤、锈蚀及油污；

d) 结构类型应至少包括 $6 \times 19\text{S} + \text{FC}$ 、 $6 \times 37\text{S} + \text{FC}$ 两种常见类型。

4.3.2 浮动跟踪机构试样

应装配完整，各运动部件灵活无卡滞，连接紧固，表面无变形、裂纹等缺陷，附带产品说明书及出厂检验报告。

4.4 预运行条件

测试前，浮动跟踪机构应进行预运行，预运行时间不应低于30min，运行速度与实际工作速度一致，各部件应充分磨合，性能稳定；预运行过程中，应检查机构无异常振动、噪声及渗漏现象。

5 试验设备

5.1 钢丝绳循环运行试验台

5.1.1 基本要求

试验台应能模拟钢丝绳在实际运行中的工况，并应具备以下性能：

a) 可调节钢丝绳张力，范围为 $5\text{kN} \sim 100\text{kN}$ ，张力调节精度不低于 $\pm 5\%$ ；

b) 可调节钢丝绳运行速度，范围为 $0.1\text{m/s} \sim 3.0\text{m/s}$ ，速度控制精度不低于 $\pm 1\%$ ；

c) 直线段长度不小于2m；

d) 配备偏摆调节装置，在径向 $0\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 范围内应能产生可控偏摆；

e) 试验台运行应稳定，台面及支撑结构振动幅值不大于 0.2mm 。

5.1.2 功能要求

试验台应具备以下功能：

a) 可实现钢丝绳正向和反向循环运动；

b) 可对不同直径钢丝绳快速更换；

c) 应配置安全防护装置，防止钢丝绳脱落或误操作。

5.2 加载及扰动装置

5.2.1 径向冲击机构

径向冲击机构应符合以下要求：

a) 应能在钢丝绳上施加 $1\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 的脉冲位移；

b) 冲击频率可调范围为 $0.2\text{Hz} \sim 5\text{Hz}$ ；

c) 可用于测试浮动跟踪机构的动态响应能力。

5.2.2 偏摆模拟机构

偏摆模拟机构应符合以下要求：

- a) 可在钢丝绳上产生正弦偏摆，幅值0mm~10mm，频率0.2Hz~5Hz；
- b) 应配置同步控制器，可与钢丝绳运行速度匹配，测试条件可重复。

5.3 测量与数据采集设备

5.3.1 测量与数据采集所用的主要设备及仪器见表1。

表1 测量与数据采集设备

序号	仪器	精度要求	用途
1	激光位移传感器	$\leq 0.01\text{mm}$	测量浮动位移和跟踪误差
2	力传感器	1.0级	测量接触压力和张力
3	数据采集系统	$\geq 10\text{kHz}$	实时记录运动、力和位移信号
4	高速摄像系统	$\geq 2000\text{fps}$	记录动态跟踪情况、响应行为
5	温度计	0.5℃	监测设备运行温升
6	电源监测仪	0.5%	检测电压、电流稳定性

5.3.2 测量设备应在有效检定期内使用。

5.3.3 数据采集系统应能够同时记录位移、力和速度信号，并提供可导出的原始数据文件，用于后续数据分析与处理。

5.4 附加设备

5.4.1 安全防护装置：防止试验过程中人员触碰运动钢丝绳及旋转部件。

5.4.2 预处理装置：钢丝绳预拉伸装置，可在正式测试前消除松弛。

5.4.3 环境监控装置：用于记录温度、湿度和环境磁场强度。

6 测试方法

6.1 测试前准备

6.1.1 确认试验设备、量测系统及数据采集系统完好并完成校准。

6.1.2 按规定安装浮动跟踪机构并调整至规定初始间隙。

6.1.3 设置钢丝绳规格、运行速度、张力及偏摆参数。

6.1.4 检查紧固件、限位装置及安全保护装置状态。

6.1.5 启动系统进行空载试运行，确认运行平稳无异常后方可测试。

6.2 静态浮动偏差测试

6.2.1 试验条件

钢丝绳处于静止或低速匀速运行状态（0m/s~0.1m/s）。

6.2.2 试验步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 浮动跟踪机构安装到位并固定；
- b) 调整机构初始位置，使其与钢丝绳轴线重合；
- c) 利用位移传感器在不同轴向位置进行径向位移测量；
- d) 每个测点重复测量不少于三次；
- e) 记录原始位移数据并保存电子数据文件。

6.3 动态跟踪误差测试

6.3.1 试验条件

钢丝绳运行速度设为：低速、中速和高速工况，分别为0.5m/s、1.5m/s、3.0m/s。

6.3.2 试验步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 将激光位移传感器和力传感器安装在浮动机构关键位置；
- b) 运行钢丝绳，使浮动跟踪机构随钢丝绳运动；
- c) 实时采集钢丝绳中心位置与机构位置信号；
- d) 每个速度下至少连续测试三个循环，并记录数据。

6.4 响应时间测试

6.4.1 试验条件

利用偏摆模拟装置产生阶跃或正弦偏摆激励。

6.4.2 试验步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 利用偏摆模拟装置在钢丝绳上施加正弦偏摆，幅值5mm，频率1Hz；
- b) 激光位移传感器实时记录浮动机构的位移曲线；
- c) 数据采集系统记录从钢丝绳偏移开始到浮动机构达到稳态的全过程信号；
- d) 重复测量不少于三次。

6.5 接触压力测试

6.5.1 试验条件

钢丝绳运行速度为1.5m/s。

6.5.2 试验步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 安装力传感器于浮动跟踪机构与钢丝绳接触面；
- b) 运行钢丝绳并实时采集接触力数据；
- c) 测试时间不少于5min，记录力随时间变化的曲线；
- d) 重复三次并保存原始数据，用于后续分析。

6.6 耐久性循环测试

6.6.1 试验条件

钢丝绳连续循环运行，循环次数不少于100000次。

6.6.2 试验步骤

应按照以下步骤进行：

- a) 设定运行速度为1.5m/s；
- b) 每隔20,000次循环停止一次，使用激光位移传感器和力传感器记录浮动机构运动及接触情况；
- c) 检查机构是否出现异常磨损、松动或卡滞；
- d) 完成整个循环后，对浮动机构进行外观检查和功能自检，并记录结果。

6.7 抗振动干扰测试

6.7.1 试验条件

钢丝绳径向叠加振动2Hz~20Hz，幅值1mm~5mm。

6.7.2 测试步骤

- a) 启动振动装置；
- b) 记录跟踪位移与振动输入信号；
- c) 监测跟踪误差随频率变化规律；
- d) 分析是否发生失步或脱离钢丝绳。

7 数据处理

7.1 原始数据记录

7.1.1 试验过程中获取的传感器输出信号、位移、速度、张力、偏摆量等原始数据应进行实时记录。

7.1.2 记录数据应标注试验日期、试验编号、试样钢丝绳规格、环境条件及操作人员等信息。

7.1.3 记录方式可为电子记录或纸质记录，但应可追溯。

7.2 数据预处理

7.2.1 采集到的原始数据在分析前应进行预处理，包括但不限于去噪、零点漂移修正、异常点识别及剔除。

7.2.2 对剔除数据的原因应予以说明，预处理方法应保持一致，并在试验报告中注明。

7.3 时间/位置同步

7.3.1 测试数据应与钢丝绳运行位置或时间进行同步；采用位移编码器或等效装置进行位置标定，同步误差不应大于1%。

7.3.2 不同通道数据应进行时间轴统一，避免相位偏差。

7.4 特征量计算

7.4.1 静态浮动偏差

最大静态偏差按式（1）计算，均方根偏差按式（2）计算，计算公式如下：

$$\Delta_{\max} = \max|\Delta_i| \quad (1)$$

$$\Delta_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta_i)^2} \quad (2)$$

式中：

Δ_i ——第*i*个测点的静态位移偏差，单位为毫米（mm）；

n——测量点数量；

Δ_{\max} ——最大静态位移偏差，单位为毫米（mm）；

Δ_{rms} ——静态位移偏差均方根值，单位为毫米（mm）。

7.4.2 动态跟踪误差

瞬时跟踪误差按式（3）计算，最大跟踪误差按式（4）计算，稳态误差按式（5）计算，计算公式如下：

$$e(t) = x_s(t) - x_f(t) \quad (3)$$

$$e_{\max} = \max|e(t)| \quad (4)$$

$$e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \quad (5)$$

式中：

$x_s(t)$ ——钢丝绳中心位置随时间的位移，单位为毫米（mm）；

$x_f(t)$ ——浮动跟踪机构位置随时间的位移，单位为毫米（mm）；

$e(t)$ ——瞬时跟踪误差，单位为毫米（mm）；

e_{\max} ——最大跟踪误差，单位为毫米（mm）；

e_{ss} ——稳态跟踪误差，单位为毫米（mm）。

7.4.3 响应时间

响应时间按式（6）计算：

$$t_r = t_{90\%} - t_{10\%} \quad (6)$$

式中：

t_r ——响应时间，单位为秒（s）；

$t_{90\%}$ ——输出达到稳态值90%对应的时间，单位为秒（s）；

$t_{10\%}$ ——输出达到稳态值10%对应的时间，单位为秒（s）。

7.4.4 平均接触压力

平均接触压力按式（7）计算，压力波动系数按式（8）计算，计算公式如下：

$$P_1 = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \quad (7)$$

$$C_V = \frac{\sigma}{P_1} \times 100\% \quad (8)$$

式中：

$p(t)$ ——接触压力随时间的瞬时值，单位为帕斯卡（Pa）；

T ——采样时间，总时长，单位为秒（s）；

P_1 ——平均接触压力，单位为帕斯卡（Pa）；

σ ——接触压力标准偏差，单位为帕斯卡（Pa）；

C_V ——接触压力波动系数，以百分数表示。

7.4.5 统计指标

算术平均值按式（9）计算，标准偏差按式（10）计算，变异系数按式（11）计算，计算公式如下：

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (9)$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_1)^2} \quad (10)$$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}_1} \times 100\% \quad (11)$$

式中：

\bar{x}_1 ——测量值算术平均值；

x_i ——第*i*次测量值；

s ——样本标准偏差；

CV ——变异系数，以百分数表示；

n ——有效测量次数。

7.5 异常情况处理

当出现以下情况时，试验结果应判为无效并重新进行试验：

- a) 试验过程中出现断电、卡滞或明显外界干扰；
- b) 试验条件未满足规定要求；
- c) 试验设备经核查存在失准现象。

7.6 数据结果

数据结果应按相应测试要求保留有效数字，单位应符合GB/T 3102.5的规定，计算过程中的中间结果不应少于四位有效数字。

8 测试报告

8.1 报告内容

测试报告至少应包括以下内容：

- a) 报告编号、测试地点与测试日期、测试人员及其职务、测试单位、委托单位；
- b) 被测设备名称、型号、编号及生产单位；
- c) 测试设备名称、型号、编号及校准（检定）有效期；
- d) 测试环境条件，被测钢丝绳规格、结构形式及运行工况参数；
- e) 试验台工况参数设置情况；
- f) 测试项目及测试方法简述；
- g) 测试数据与处理结果；
- h) 对异常现象、失效情况或中断情况的记录；
- i) 结果判定及测试结论；
- j) 附件（曲线、照片、原始记录等）；
- k) 审核人与批准人签章。

8.2 报告保存

测试报告及原始记录应按相关规定存档，保存期限不应少于三年；有特殊要求的，应按合同或法规执行。
