拉索磁通量法监测技术规程

Elasto-magnetic sensor monitoring technical specification for stay cable

1 总 则

1.0.1 为了规范拉索磁通量法监测系统的建设，统一技术标准，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于广西区内新建和加固的桥梁拉索、预应力钢筋、钢绞线、缆绳以及岩土锚索等拉索磁通量索力监测系统，为设计、实施、验收和维护提供可靠依据。

1.0.3 拉索磁通量索力监测系统应遵循技术先进、经济适用、安全可靠的原则，并考虑监测系统的实效性和耐久性。

1.0.4 拉索磁通量法监测技术除执行本规程外，尚应符合国家、行业和广西壮族自治区现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 磁通量传感器 elasto-magnetic sensor

受铁材质且磁通量变化，并转换成可用输出信号的传感器。

2.1.2 线轴体 bobbin body

用于磁通量传感器线圈定位的圆筒形骨架。

2.1.3 钢圆筒 steel cylinder

漆包线缠绕成圆筒状，套外壳，即钢圆筒。

2.1.4 初级线圈 brimary coil

漆包线缠绕在线轴体外表外层的一组铜线。

2.1.5 次级线圈 secondary coil

漆包线缠绕在线轴体外表里层的一组铜线。

2.1.6 次级线圈的截面面积 section area of the secondary coil

线轴体用于磁通量传感器次级线圈里层定位，平均截面面积。

2.1.7 被测量试件的截面面积 section area of the measured specimen

被测量试件的总截面面积，即拉索截面面积。

2.1.8 积分值 integral value

磁通量传感器通过二次仪表直接测量出的参数。

2.1.9 空载积分值 empty integral value

磁通量传感器内未装入构件时的积分值。

2.1.10 零点积分值 zero point integral value

磁通量传感器内装入构件时，构件在零应力状态下的积分值。

2.1.11 磁导率 magnetic permeability

磁介质导磁性大小的物理量。

2.1.12 相对磁导率 relative permeability

磁介质中磁感应强度与磁场强度之比。

2.1.13 磁弹仪 magnetoelastic apparatus

用于测量磁通量传感器的物理量参数，并显示结果的二次测量仪表。

2.1.14 标准温度 standard temperature

温度影响相对磁导率，计算相对磁导率和力值关系转化标准温度，计算力值。高低之间中间温度，一般 25℃。

2.1.15 测量温度 measure temperature

用磁弹仪对试件的力值测量，即测量温度。

2.1.16 传感器标定 Sensor calibration

通过试验建立传感器输出与输入之间的关系，并确定不同使用条件下的误差一个过程。

2.1.17 标定参数 calibration parameters

测量标定或校准磁通量传感器时，数据拟合公式的系数值。

2.1.18 工作参数 operation parameters

磁弹仪表工作时，为获得并显示正确结果，需设定的仪表内部域值。

2.1.19 索力监测 cable force monitoring

一种对拉索的设定参数进行连续、自动测量和记录, 获取索力定量数据。

2.1.20 索力监测系统 cable force monitoring systems

一种通过网络集成技术，将磁通量传感器、数据采集与传输、数据处理与管理、数据分析与应用的硬件设备、软件模块及配套设施连接在一起, 具有对拉索设定参数连续监测、自动记录、数据显示和养护决策的电子信息系统。

2.2 符 号

2.2.1 磁通量传感器参数

μ_r——相对磁导率

S_s——次级线圈的总的截面面积

S_f——被测量试件的截面面积

V_{out}——测量积分值

V_{kong}——没有穿过被测量试件测量积分值，即空载

R_s——磁通量传感器内径

T_B——计算力值采用的标准温度

T——测量时温度

2.2.2 计算系数

f——索力值

μ_r——变量

C_0、C_1、C_2、C_3——三次方程系数

3 技术要求

3.1 磁通量索力监测系统结构

3.1.1 磁通量索力监测系统由磁通量传感器、拉索被测量构件、磁弹仪、电脑、软件等组成，示意图见图 3.1.1。

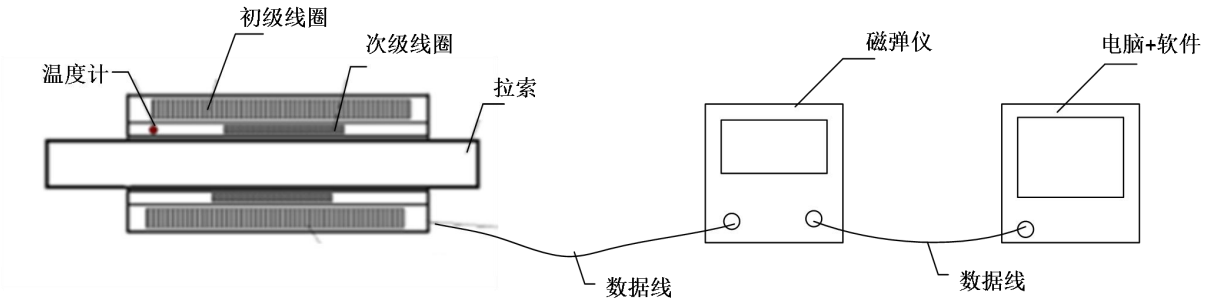


图 3.1.1 磁通量索力监测系统示意图

3.2 传感器工作参数

3.1.2 相对磁导率

$$\mu_r = 1 + \frac{S_S}{S_f}\left(\frac{V_{out}}{V_{kong}}\right)$$

其中S_s是次级线圈总的截面面积，S_f是被测量试件的截面面积，V_{out}是测量积分值，V_{kong}是没有穿过被测量试件测量积分值，即空载积分值。

3.1.3 计算力值公式为

$$f = C_0 + C_1\mu_r + C_2\mu_r^{\,2} + C_3\mu_r^{\,3}$$

式中相对磁导率 μ_r，系数为C_0、C_1、C_2、C_3。测量时温度 T 和标准温度 T_B 是计算力值公式。

3.1.4 标准温度修正公式为

$$\mu_r(f,T_B) = \mu_r(f,T) + \alpha(T - T_B),$$

式中 T 是测量时温度，T_B 为计算力值采用的标准温度，$\mu_r(f,T_B)$ 为计算标准温度下的磁导率增量，$\mu_r(f,T)$ 为测量温度下的磁导率增量，α 为每摄氏度的磁导率修正系数。

3.3 线圈电阻及热敏电阻

3.3.1 同一型号同一批次传感器要求初级线圈和次级线圈的电阻值具有一致性，同批次次级线圈电阻值最大值与最小值差值小于等于 1Ω，否则不可合格。

3.3.2 热敏电阻的阻值其最大值与最小值之差小于等于 4Ω，否则不可合格。

3.3.3 绝缘检查要求不同线圈、热敏电阻及它们与外套钢圆筒之间的绝缘电阻大于 20MΩ。

4 标定

4.1 标定准备

4.1.1 标定前，应传感器的测量初级线圈电阻、次级线圈电阻和温度热敏电阻，并测定传感器的空载积分值，按附录 A 作好试验记录，存档可追溯。

4.1.2 传感器标定按 JJG 2045-90 和 JJG 2066-90 的规定执行，可在拉索张拉台座上或拉索张拉沟内进行。

4.1.3 传感器标定时，应采用比被标定传感器绝对误差高两个等级的标准传感器进行标定，被标定传感器的量程应取 1.5~2.0 倍工作索力值。

4.1.4 当标定时与测量使用时为同一构件时，传感器标定位置应与测量使用时位置一致。无法保证标定与测量位置一致时，应重新测取测量零点。

4.2 标定过程

4.2.1 张拉标定时，采用的拉索构件为初次张拉时，应预加载至传感器量程 1.5~2.0 倍，然后分 6~8 级加载标定，1 级零力值，2 级加载最大值的 5%力值。拉索构件已经过 2 次以上的张拉时，预加载至传感器量程 1 次，然后分 6~8 级加载标定。标定后，应输入仪器参数再次张拉验证测量力值误差，索力示值误差应符合表 4.2.1 的要求。

表 4.2.1 索力示值误差

磁通量传感器内径标称值R(mm)	索力示值最大允许误差（%）
R<50	±1.0
50≤R<100	±2.0
100≤R<200	±2.5
200≤R≤300	±3.0

4.2.2 标定后，应提供标定报告，并存档备查。标定报告应含传感器测试时，应要采用的磁弹仪器设定参数，包括空载积分值、零点积分值、温度参考值和标定公式系数参照附录 B（规范性附录）。

5 检验

5.1 传感器应至少安装六芯传输线，传输线长度至少为 3m，并符合相应设计要求，同时应保证传输线的清洁。

5.2 检验磁通量传感器和传输线清洁；传感器的外观应保持整洁和无脏物，无明显的瑕疵、划痕，所有结构连接件和电器连接件要安装牢固，不能有松动、脱焊、接触不良等现象。

5.3 传感器传输线端口处要有传感器编号牌，编号由生产日期、传感器序号和生产串号，共 9 位数字组成。如 07 年 7 月 31 日生产的 001#传感器，编号为 070731001。

5.4 每台磁弹仪器应经制造厂质量检验部门检验合格后出厂，并随机附有该产品质量合格的证明文件。

6 传感器安装与测试

6.1 安装要求

6.1.1 应提供施工图纸，包括拉索、总测点布置图、采集站布置图、信号路由图、设备接线图等。

6.1.2 安装时，应记录不同编号传感器的安装位置。

6.2 测试要求

6.2.1 传感器安装后初次测试或长时间没用进行测试，测试前应采用万用表测试电阻，以判断传感器是否短路，以避免损坏仪表。当传感器电阻不正常时，应详细记录，参照附录B磁通量传感器测试记录表，并查找原因。

6.2.2 测试时首先应检查仪器设置参数是否与传感器型号一致。

6.2.3 测试时，应测试构件的零状态数值，并将零应力状态的参数输入仪器中。在没有具备条件情况下，才采用同样的自由构件没有力值的不同地点测量零值，统计零应力状态参数。

6.2.4 测试过程中，应记录好时间、测试时温度、荷载状况、电压积分值、显示力值等参数。记录表见附录B（规范性附录）。

6.3 现场施工质量管理

6.3.1 外观检查、电缆、信号检测，验收记录，逐项填写上述验收记录表，参照附录 C 磁通量传感器测试记录表。

6.3.2 应根据传感器的使用环境和要求，磁通量传感器锚索采取防水的防护措施。

7　拉索监测系统

7.1 基本规定

7.1.1 拉索监测系统应具有采集、传输、存储、数据处理、预警与安全状态评估等功能，应包括传感器子系统，数据采集与传输子系统，数据存储与管理子系统，状态评估与预警子系统。拉索索力监测系统示意图，见图 7.1.1。

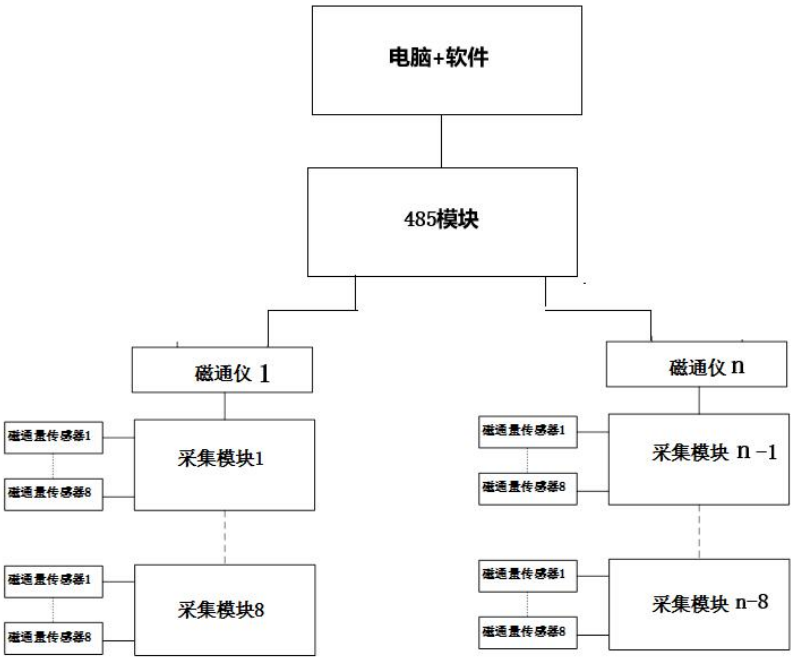


图 7.1.1 索力监测系统示意图

7.1.2 数据采集及传输子系统应根据监测内容、数据传输及结合现场条件选择传输方式。

7.1.3 拉索状态评估与预警子系统根据结构状态参数，对结构进行性能评估与预测(包括阀值报警、承载力评估等)。

7.2 索力监测传感器量程和索力监测测点

7.2.1 磁通量传感器量程应大于索力设计值的1.5~2.0倍,监测方法应符合GB50982的相关规定。

7.2.2 索力监测测点符合下列规定:

1 应根据桥梁拉索的布置形式、规格、型号、长短和索力,确定监测的索构件,宜选择上、下游索构件成对布设。

2 对悬索桥，应根据主缆锚固方案、索股布置形式,确定锚跨索股力监测的索股,基准索股宜布设测点。

3 对岩土锚索，磁通量传感器应根据非接触测量方法测量岩土锚索力值。应该监测的锚索构件，磁通量传感器距离锚索钢组件远5厘米以上。

7.3 数据的采集、处理、传输与存储管理

7.3.1 拉索监测系统的子系统，应包含数据的采集、处理、传输和存储管理。

7.3.2 应根据拉索结构的特征、监测需求、传感器布设位置和数量、硬件设备条件等，设计数据采集硬件（设备）和传感器之间的分布关系。

7.4 数据分析子系统

7.4.1 数据分析子系统应具备高效的数据处理能力、准确的数据监测数据分析和评估、以及有好的用户界面设计。

7.4.2 系统应具备处理大量处理和分析监测数据的能力。

7.4.3 系统应能通过各类分析模型对监测数据进行分数分析，进而评估拉索的状态。

7.5 数据库

7.5.1 系统需要准确采集和报告关于拉索状态的关键数据。

7.5.2 系统应具备快速响应的能力，包括数据采集和异常事件检测。

7.5.3 系统应具备长时间稳定运行的能力，不会因为系统故障或数据损坏而丢失重要数据。

7.5.4 考虑到拉索监测数据的敏感性和重要性，系统应具备高级别的安全性，保护数据免受未经授权的访问和篡改。

7.5.5 系统应能够与现有的监测设备和软件兼容，减少集成成本和时间。

7.5.6 数据库功能包括监测硬件(设备)管理、监测信息管理、评估分析信息管理、数据转储管理、用户管理以及预警信息管理等方面。

8 系统验收

8.1 一般规定

8.1.1 拉索监测系统在交付给用户前，应有 6 个月以上的试用期，且须由相关部门组织验收，形成完善的交付手续。

8.1.2 拉索健康监测系统验收应包括系统硬件和系统软件验收。

8.1.3 应安排专职人员对拉索监测系统进行日常和定期维护管理，专职人员应熟练掌握拉索健康监测系统的硬件性能，能熟练操作系统软件，能有效处理系统中出现的各类常见故障。

8.2 现场验收

8.2.1 传感器型号及规格须符合设计要求并有生产厂家的合格认证标识，数量和传感性能符合设计要求，填写验收表。

8.2.2 传感器的引出电缆直接连接部位需进行保护，传感器电缆连接处须进行可靠固定，保证传输线路的长期稳定性。

8.2.3 对数据采集工作站工程质量、数据通信与传输安装工程质量检验评定。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：https://d.book118.com/548126031121007045