

交通运输行业标准《磁通量索力检测仪》

(征求意见稿)

编制说明

《磁通量索力检测仪》编写组

2017年8月

目 录

（一）工作简况	3
（二）标准编制原则和标准主要内容	5
（三）预期的经济效果、社会效果及环境效果分析	14
（四）采用国际标准和国外先进标准对比情况；	14
（五）与有关的现行法律、法规和标准的关系；	14
（六）重大分歧意见的处理经过和依据；	15
（七）其他应予说明的事项；	15

（一）工作简况

1、任务来源

本行业标准是依据《交通运输部关于下达2016年交通运输标准化计划的通知》（交科技函〔2016〕506号）下达的交通运输行业标准制修订项目，计划编号JT 2016-98。

随着桥梁及特殊结构技术的不断发展和人们对于结构审美要求的不断进步，促进了拉索结构的快速发展。拉索作为高效地承受拉力的结构构件，被广泛运用于各种桥梁工程、土木工程中，如斜拉桥、悬索桥、拱桥、预应力体系、混凝土塔等。拉索作为主要受力构件，索力的大小将会影响到结构建成状态后受力和变形的状态，采用磁通量检测仪准确测定结构拉索的索力具有非常重要的实际意义。

2、协作单位

本行业标准由交通运输部公路科学研究所主要负责起草。协作单位为广西大学和柳州欧维姆机械股份有限公司。

广西大学拥有土木工程博士后流动站、土木工程一级学科博士点（含结构工程、桥梁与隧道工程等）、结构工程国家重点学科及工程防灾与结构安全教育部重点实验室，其于2016年参与本标准的编制工作，为标准的建立提供了大量的基础实验数据及有限元模型分析。

柳州欧维姆机械股份有限公司拥有土木、岩土等工程结构检测仪器的生产、测试、试验的能力，在标准修编过程中，提供了理论分析、实验设备及仪器、实验数据等技术支持。

3、主要工作过程

2016年06月~2016年08月，成立标准起草组，对磁通量索力检测仪主要计量技术指标进行梳理，并编写草案稿；

2016年09月~2016年12月，标准编写组广泛收集了国内外磁通量索力检测仪的研究单位、生产单位、使用单位，以及相关企业标准、行业标准、国家标准、国外标准的有关资料，对草案稿进行修改和完善，形成征求意见初稿。

2017年01月~2017年08月，征求意见初稿发送检测机构、生产厂家等广泛征求意见，汇总反馈意见并修改征求意见初稿，形成征求意见稿并召开征求意见会征求行业内专家的意见，对征求意见稿进行进一步的修改和完善。

4、标准主要起草人及其所做工作

人员	所做工作
周毅姝	1、统筹协调标准内容的编制。2、规划安排开展编制过程涉及的试验。3、统稿。
邓年春	磁通量索力检测仪行业标准修订方案确定
王晓琳	拟建标准适用性试验
何华阳	磁通量索力检测仪行业标准试验验证
曹瑾瑾	磁通量索力检测仪行业标准试验验证
张金凝	磁通量索力检测仪行业标准试验验证
冷正威	磁通量索力检测仪计量标准模型研究
陈柳清	主要计量技术指标理论分析
任励硕	主要计量技术指标理论分析

（二）标准编制原则和标准主要内容

1、编写原则

编制本标准时，主要参照了交通运输部颁布的《公路桥梁技术状况评定标准 JTG/T H21-2011》、《公路桥梁荷载试验规程 JTG / T J21-01-2015》对索力检测的相关要求。结合国内当前众多厂家的产品结构和部分国外进口仪器的结构和工作原理，查阅了部分国外进口仪器的主要技术资料。按仪器的工作原理，拟定在仪器生产中需要受控的技术指标，取值范围、质量检查方法和测量不确定度。确定标准编制内容时，遵循以下原则：

- (1) 与现行国际标准、国家标准、检测规范要求一致；
- (2) 所定指标要求体现目前市场上 80% 设备的特征。

2、主要技术内容及确定的依据

(1) 术语和定义

1) 磁通量传感器 magnetic flux transducer/sensor

能感受铁材质磁通量变化并转换成可用输出信号的传感器。

依据：磁通量传感器定义参考 GB/T 7665-2005 传感器通用术语。

2) 磁弹仪 magnet-elastic detector

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。

依据：磁弹仪是与磁通量传感器配套的专用读数仪，磁通量索力检测仪输出的是磁通，但是桥梁检测需要的是索力准确性，所以各厂家通过软件将磁通转换成力值，通过磁弹仪显示出来。

(2) 结构与产品型号及代号

1) 结构

磁通量索力检测仪由磁通量传感器、磁弹仪、数据处理系统、传输线等组成，实物如图 1 所示：



图 1 磁通量式索力检测仪

其工作状态如图 2 所示：



图 2 磁通量索力检测仪工作图

根据磁通量索力检测仪的实际工作图绘制了标准中的示意图。

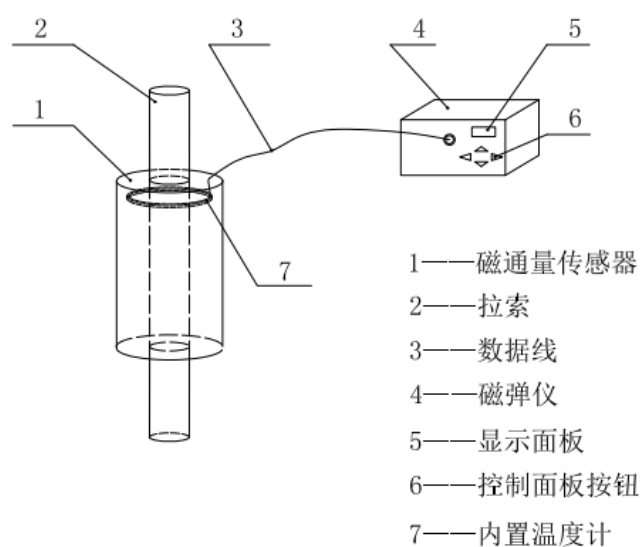


图 3 磁通量索力检测仪示意图

2) 产品型号及代号

在标准中产品的分类在产品的代号中予以体现。

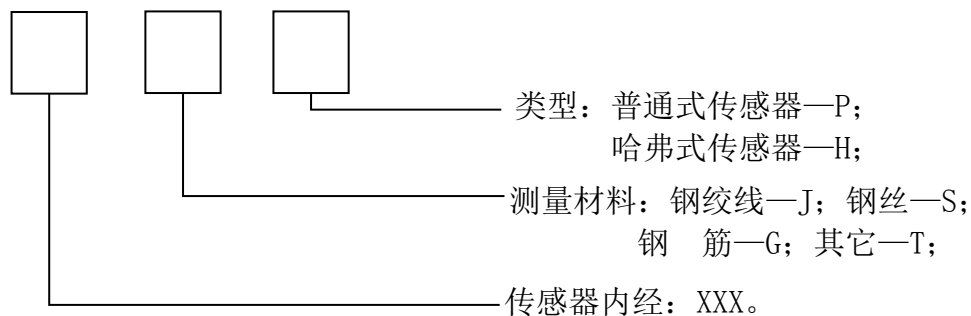


图 4 磁通量传感器产品型号及代号示意图

①因为磁通量索力传感器多为定制产品，其根据索的直径不同而内径不同，内径不同测量的准确度也有所差异，故产品代号里增加了传感器内径一项。

②目前磁通量索力传感器可适用的材料一般包括：钢绞线、钢丝、钢筋等，不同材料与产品内径有较强的对应关系，所以在分类中提出材料一项。



图 5 普通式磁通量磁通量传感器



图 6 哈弗式磁通量磁通量传感器



图 7 哈弗式磁通量传感器示意图

目前，市场上有普通式磁通量传感器和哈弗式磁通量传感器两类。普通式磁通量传感器利用钢索作为铁心而达到励磁效果。主要用于施工期实时监控及后期的长期监测，将传感器安装在拉索上，为套入式安装，为穿心式传感器，较适合在新建桥梁拉索安装使用。因其在工厂制作好、测试完成后，在工地现场挂索的过程中，需要将传感器安装到拉索上，如果是成品索类，则需要在工厂制索过程中，锚具安装前将磁通量传感器安装到拉索上。在已有的、运营中的桥梁上安装磁通量传感器，这样的方法显然是不适合的。所以哈弗式磁通量传感器应运而生，其是将传感器结构中除了线圈以外的零部

件都做成两瓣式，将传感器的制作地点搬到工地现场，在桥梁的拉索上制作传感器，将需要在工厂完成的绕线过程改在工地现场完成。对于已建成桥梁拉索不需要作任何改动，即可安装并进行索力监测工作。

哈弗式磁通量传感器主要用于施工后期索力的长期监测，对施工无特殊要求。其结构为两半式，夹在拉索保护管外即可，优势在于安装及维护方便，没有施工期限的限制，但成本较高，精度相对较低。

所以为了区分普通式及哈弗式两类产品，故产品代号中增加了类型一项，当磁通量传感器为普通式时则此项不标记，当为哈弗式时采用其首字拼音的首字母，即 H 进行标记。

(3) 技术要求

1) 索力示值误差

索力示值误差详见表 1；

表 1 索力示值误差

传感器类型	传感器内经 (mm)	示值误差
普通式传感器	18~50	±1%
	50~100	±2%
	100~200	±2.5%
	200~300	±3%
哈弗式传感器	70~100	±4%
	100~200	±4.5%
	200~300	±5%

此表根据调研市场上同类磁通量传感器产品性能比选表 2，并通过试验数据验证得到。项目组制作了标准试验张拉台座，并对被检设备仪器进行了索力张拉试验，数据如表 3。

表 2 磁通量传感器产品性能比选表

产品性能参数	某国产 FS-BCT18J-250J 磁通 量传感器	某国产磁通量传感器	交通行业使用要求
规格(内径 mm)	18-250	17-260	根据实际设计
测量范围	(0~屈服应力)	(0~屈服应力)	/
接线长度(m)	≤200m	≤300m	/
工作温度	-40℃~80℃	-20℃~80℃	-20℃~80℃
测量误差(FS)	≤2%	≤3%	≤2%

表 3 普通式磁通量索力传感器示值误差试验数据

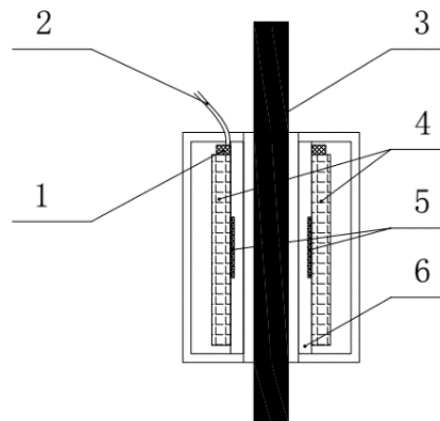
传感器内径 (mm)		标准值 (kN)	测量值 (kN)	示值误差 (%)
18~50	18	160.00	159.00	-0.63
	20	180.00	181.30	0.72
	40	200.00	201.25	0.63
50~100	50	400.00	405.34	1.33
	60	500.00	494.15	-1.17
	80	600.00	609.23	1.54
100~200	100	1500.00	1468.35	-2.11
	140	3000.00	3065.63	2.19
	180	4000.00	4088.98	2.22
200~300	200	4500.00	4391.43	-2.41
	240	5000.00	5132.86	2.66
	280	5500.00	5619.73	2.18

	300	6000.00	6165.56	2.76
--	-----	---------	---------	------

从实验数据可看出磁通量索力检测仪在传感器内径为 18mm~50mm 时索力示值误差不大于 $\pm 1\%$ ；传感器内径为 50mm~100mm 时索力示值误差不大于 $\pm 2\%$ ；传感器内径为 100mm~200mm 时索力示值误差不大于 $\pm 2.5\%$ ；传感器内径为 200mm~300mm 时索力示值误差不大于 $\pm 3\%$ 。所以分段给出索力示值误差的要求。

2) 温度示值误差

磁通量传感器本身内置温度计，可以同时采集环境温度，同时对磁通量索力传感器力值进行修正，如图8所示。



说明：

1——内置温度计；
2——数据线；
3——拉索；

4——初级线圈；
5——次级线圈；
6——线轴体。

图 8 磁通量传感器结构示意图

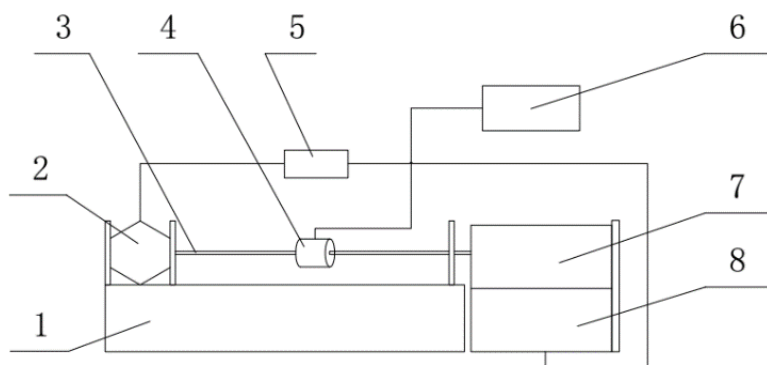
为了保证其采集温度的准确性，在产品标准中增加了温度示值误差的要求，一般仪器内置温度计多为电阻温度计，根据 JJG367 电阻温度计规程规定，其最大允许误差为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，故产品标准选用此数值。

3) 温度稳定性

磁通量传感器与常规传感器的主要不同在于构件是传感器的一部分，它直接感应构件的磁特性变化来测量应力，铁磁性材料的磁特性受化学成分、组织结构、杂质、缺陷、材料的非均匀性、温度等影响，钢材的磁导率随温度变化而变化，从而影响测量结果，测量时需消除温度影响。因此标准中提出了温度稳定性这一指标，旨在考察磁通量索力传感器在受温度变化时其工作状态的稳定程度。

4) 试验用仪器设备

目前，磁通量传感器各个厂家往往依据自己的企业标准进行生产，其主要参数及要求多数参见GB/T13634《单轴试验机试验用标准测力计的校准》、JJG144《标准测力计检定规程》、JJG2045《力值（ $\leq 1\text{MN}$ ）计量器具检定系统》等。有试验条件的生产厂家一般配备出厂张拉及自标设备，包括：索力张拉装置由试验台座、油泵、千斤顶、磁通量传感器、控制器、标准测力计、读数仪和拉索组成，示意图如下。其测量范围 $0\sim 8000\text{kN}$ ，分辨力为 0.01kN 。测量范围： $0\sim 8\times 10^6\text{N}$ ，准确度等级III级，力值重复性 3×10^{-4} ，力值稳定度 $\pm 3\times 10^{-4}$ 。设备的参数指标符合图9的要求。



说明：

- | | |
|------------|---------|
| 1——试验台座； | 5——控制器； |
| 2——标准测力计； | 6——读数仪； |
| 3——拉索； | 7——千斤顶； |
| 4——磁通量传感器； | 8——油泵。 |

图9 索力张拉装置

（三）预期的经济效果、社会效果及环境效果分析

磁通量索力检测仪是桥梁索力的主要检测仪器之一，由于地区经济发展不平衡，仪器生产存在厂家多、市场混乱、产品质量与可靠性不近人意等状况。同时为了迎合市场，低价中标，大量精度误差超标、质量稳定性不高的试验检测仪器大量流入试验检测市场。这种状况与当前桥梁建设的发展需要很不适应，已经严重影响了桥梁结构的建设质量管理工作。为确保桥梁结构建设工程质量，制定相关交通行业标准，对于规范仪器生产、销售、使用等诸方面均具有十分重要的现实意义。

磁通量索力检测仪行业标准给出了磁通量索力检测仪的生产要求，明确了产品的出厂检验等检验方法。采用统一标准进行磁通量索力检测仪的生产、检验和使用，各厂家生产的产品质量和稳定性将得到保障，促进了磁通量索力检测设备准确性的提高，有助于保障该类仪器设备检测结果的有效性，对经济、社会和环境预期有积极的效果。

（四）采用国际标准和国外先进标准对比情况；

通过查找，未发现相应的国际建议、国际技术标准或国家标准和规程。

（五）与有关的现行法律、法规和标准的关系；

本标准不违反现行法律、法规和强制性标准。标准制定过程主要参考了：JTG/T J21-2011 《公路桥梁承载能力检测评定规程》、JTG/T J21-01-2015 《公

路桥梁荷载试验规程》、JTGT F50-2011《公路桥涵施工技术规范》、JTG D 65-01-2007《公路斜拉桥设计细则》、GB/T 18365《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》、CQJTG/T F81《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》、GB/T 15479《工业自动化仪表绝缘电阻、绝缘强度技术要求和试验方法》、JTG H11-2004《公路桥涵养护规范》等标准。

(六) 重大分歧意见的处理经过和依据；

无。

(七) 其他应予说明的事项；

无。