

# 交通运输行业标准《桥梁索力动测仪》

(征求意见稿)

## 编制说明

《桥梁索力动测仪》编写组

2017年8月

## 目 录

(一) 工作简况.....	1
(二) 标准编制原则和标准主要内容.....	2
(三) 预期的经济效果、社会效果及环境效果分析.....	22
(四) 采用国际标准和国外先进标准对比情况; .....	23
(五) 与有关的现行法律、法规和标准的关系; .....	23
(六) 重大分歧意见的处理经过和依据; .....	24
(七) 其他应予说明的事项; .....	24

---

## （一）工作简况

### 1、任务来源

根据《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）的要求，由交通运输部公路科学研究所主持承担《桥梁索力动测仪》的编写工作，计划编号为 JT 2016-101。

### 2、协作单位

标准主编单位：交通运输部公路科学研究所

标准参编单位：国家道路与桥梁工程检测设备计量站

### 3、主要工作过程

2016 年 02 月~2016 年 05 月，成立标准起草组，收集资料和数据，调研了桥梁索力动测仪的发展情况和技术原理，并调研了桥梁索力动测仪的主要生产厂家、产品型号、产品性能指标以及市场占有情况，调研了国内检测机构的产品使用情况。

2016 年 05 月~2016 年 07 月，对 JT 2016-101 主要计量技术指标进行梳理。

2016 年 08 月~2016 年 11 月，调查和研究主要计量技术指标的量值溯源方法，并对拟制定主要计量技术指标制订方案进行确认。

2016 年 12 月~2017 年 04 月，开展相关实验研究，修改和验证主要计量技术指标。

2017年05月~2017年08月，完成标准征求意见稿，发送检测机构、生产厂家等广泛征求意见，召开征求意见会。

#### 4、标准主要起草人及其所做工作

标准主要起草人及其所做工作见表 1

表 1 标准主要起草人及其所做工作

人员	所做工作
何华阳	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
周毅姝	1、桥梁索力动测仪的行业调研 2、拉索索力测量技术研究

### (二) 标准编制原则和标准主要内容

#### 1、编写原则

(1) 本标准根据现有桥梁索力动测仪的特点，按术语和定义、产品结构、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等方面进行编写；

(2) 各项技术指标以实际产品技术指标为依据提出；

(3) 编制具有适应性、可操作性和适当引领性的技术法规文件。

#### 2、主要技术内容及确定的依据

(1) 范围

---

本标准规定了桥梁索力动测仪的术语和定义、产品结构、技术要求、试验方法、检验规则，以及标志、包装、运输和储存的要求。

本标准适用于桥梁索力动测仪的生产、检验和使用。

## (2) 规范性引用文件

本标准中规范性引用文件的名称及适用范围如表 2 所示：

表 2 规范性引用文件的名称及适用范围

GB/T 191 包装储运图示标志	标志
GB/T 9969 工业产品使用说明书总则	包装
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件	包装
GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法	运输、储存

## (3) 术语和定义

桥梁索力动测仪 bridge cable force dynamic measuring instrument

桥梁索力动测仪是基于弦振动理论，将拉索等效为张紧弦，通过弦自振频率与张拉力的动力学关系测量拉索索力的仪器。

依据：

编写组经过调研发现，JTG/T J21-2011 《公路桥梁承载能力检测评定规程》5.10.1 指出：“拉吊索索力测量可采用振动法”；JTG/T J21-01-2015 《公路桥梁荷载试验规程》附录 B 中提出：“在一定条件下索股拉力与索的振动频率存在对应的关系，在已知索的长度、分布质量及抗弯刚度时，可通过索股的振动频率计算索的拉力”。显然，振动法测量索力是目前较为通用的方法，该方法的基本原理和理论依据则是动力学理论。

十八世纪初期科研人员开始了对拉索结构动力学理论的探索，Brook Taylor、D'Alembert、Euler 以及 Daniel Bernoulli 针对张紧弦研究了其在两端固定的条件下的振动理论，并证明了复杂振动总可以分解为若干相互独立的模态振动，从而奠定了动力学的基础。十九世纪初期，Possion 给出了任意力作用下索的一般偏微分方程，十九世纪中期，Rohrs、Stokes 以及 Routh 得出了索竖向振动的精确解，二十世纪中期，Ranie 和 von Karman 推导出了不可伸长的三跨索的竖向振动解，二十世纪末，H. Max Irvine 出版了《索结构》一书，通过考虑悬索两端点间高差的影响，将水平索振动的解推广到斜拉索上，基本建立了理想柔性索结构的动力学理论体系。

编写组经过调研发现，目前索力动测仪（JMM-268、SET-PF1-11、DH5906 等型号）的基本原理是十八世纪初建立和完善的弦振动理论。

JMM-268 索力动测仪的使用说明书中提出：“明确了弦的材料和长度之后，测量弦的振动频率就可以确定弦的拉力”。该仪器的测试原理是张力弦振动公式（如式（1））。

$$F = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{\delta}{\rho}} \quad (1)$$

式中， $F$ ——弦的自振频率，

$L$ ——弦的长度，

$\delta$ ——弦的拉力，

$\rho$ ——弦的材料密度。

SET-PF1-11 索力动测仪说明书中对仪器的测试原理进行了说明，内容如下：

设一根单位长度质量为  $W$  的挠性索在张力  $T$  下被张紧，拉索的刚度为  $EI$ 。

---

为方便计算，作如下假设：

- i. 不考虑索的垂度，并且弯曲不大，即认为拉索为直线，可认为索的刚度和张力沿索轴线方向不变；
- ii. 设拉索的每一段在振动过程中不伸长；
- iii. 考虑弯曲引起的变形，不计剪切引起的变形及转动惯量的影响；
- iv. 拉索在振动时不受其他外力作用，且拉索微元段重量相对其两端张力可以忽略不计；
- v. 拉索受力很大，认为拉索是张紧的，抗弯刚度予以忽略；
- vi. 拉索两端是固定不动的。

假定拉索在任意点沿  $x$  轴的垂度方向发生振动，取微元弧进行分析，当索沿速度方向作微幅振动时，在索的微段上作用有张力、惯性力、弯矩和剪力以及干扰力(计入拉索重力在内)。可以求得拉索索力公式：

$$T = \frac{4WL^2}{n^2} f_n^2 \quad (2)$$

式中， $L$ ——拉索长度，

$f_n$ ——拉索第  $n$  阶固有自振频率。

显然，式 (1) 等效于式 (2)。

DH5906 无线索力测试仪的适用性说明中指出：

DH5906 采用频率法进行索力测试，该方法存在以下适用条件：

- i. 索的基频能准确测出；
- ii. 索的刚度不能过大；
- iii. 索的长细比不能小于 10；
- iv. 基座的基频大于 10 倍以上的索的频率。

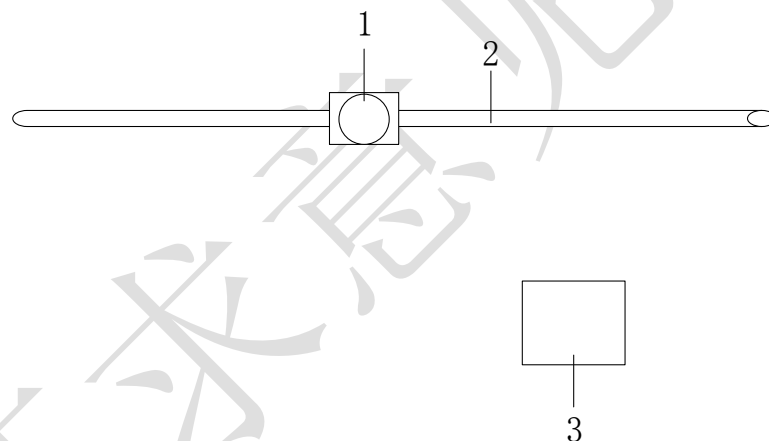
显然，上述仪器利用弦振动理论，通过一些基本的假定，将拉索等效为张紧弦，然后通过弦自振频率与张拉力的动力学关系，进行索力测量。

在征求意见会上，专家提出修改和完善该定义，会后已进行相应的修改，定义为：桥梁索力动测仪是基于弦振动理论，将拉索等效为张紧弦，通过弦自振频率与张拉力的动力学关系测量拉索索力的仪器。

征求意见会上，专家提出删除“拾振器”、“读数仪”的定义，会后已进行相应的修改。

#### (4) 产品结构

桥梁索力动测仪（如图 1）由振动传感器和读数仪组成。



说明：

1——振动传感器；                    3——读数仪。

2——被测拉索；

图1 索力动测仪产品结构示意图

依据：

JTG/T J21-01-2015《公路桥梁荷载试验规程》附录 B 中提出：“测量系统一般由传感器、放大器、信号采集与分析仪器组成”。



由于历史原因，目前学术和工程领域对传感器的称呼方式较多，包括拾振器、加速度传感器、振动传感器等。GB/T 2298《机械振动、冲击与状态监测 词汇》中，对机电传感器定义为“将被测的机械量（应变、力、运动等）按一定规律转换成电量或电参数（反之亦然）的传感装置”。为保证称谓的统一和准确，本标准中统一称为振动传感器。采集与分析仪器又称为读数仪，是能够记录拾振器测得的拉索振动信号，并对振动信号做频谱分析得到拉索的各阶频率，通过各阶频率计算输出拉索索力值的仪器。

在使用索力动测仪的过程中，将传感器固定在尽可能能识别拉索基频的位置，传感器随拉索振动，感知因环境影响而使拉索产生的振动信号。传感器内的敏感元件将测点的加速度信号转换为相应的电信号，进入放大器，经过信号调理电路滤波改善信号，再进行模数转换得到数字信号，最后信号采集与分析仪器对采集的数据进行存储和数学变换处理，融入拉索的参数后，可推算索力，进行显示。图 2 为桥梁索力动测仪的实物图，图中右侧为振动传感器安装在拉索上的情况。图 3 为桥梁索力动测仪的振动传感器实物图。

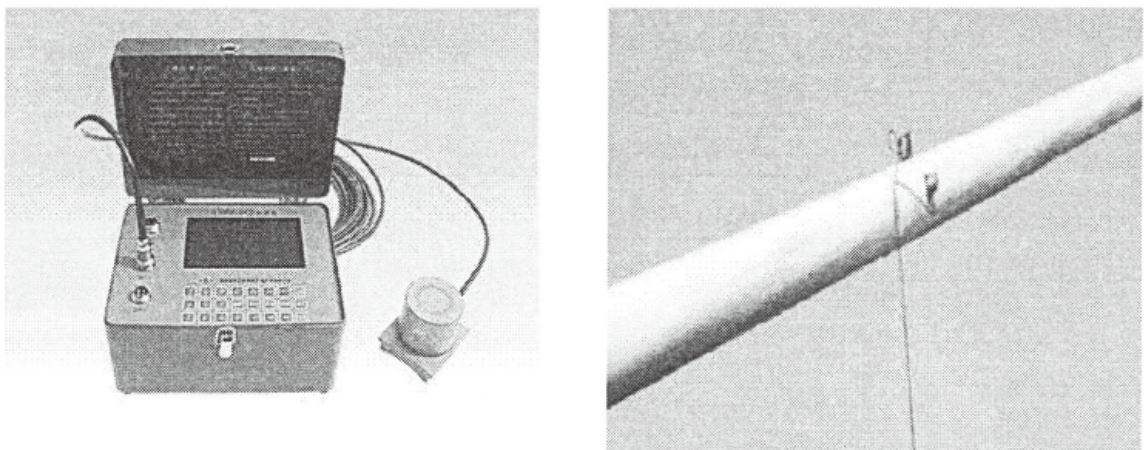


图2 桥梁索力动测仪产品实物图

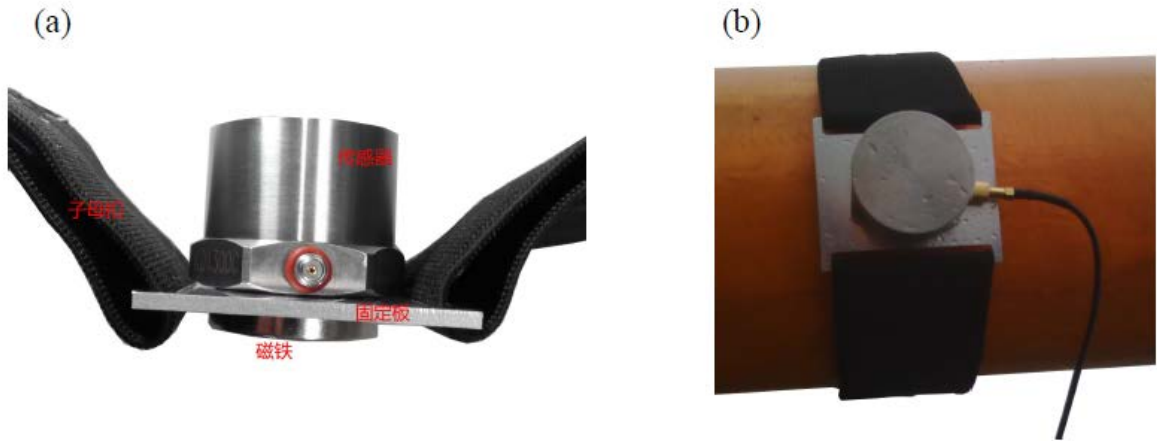


图3 桥梁索力动测仪振动传感器实物图

编写组根据调研发现，现有桥梁索力动测仪都由振动传感器和读数仪组成，放大器一般集成在传感器内。大部分型号的桥梁索力动测仪的传感器和读数仪之间采用有线线缆连接（例如 SET-PF1-11、JMM-268），部分型号采用无线网络连接（WIFI、ZigBee 等，例如 SET-PFW-01、DH5906）。考虑到有线线缆连接和无线网络连接在产品结构上没有实质性的改变，因此标准中不做区分。

征求意见会上，专家提出对产品结构示意图进行修改，会后已重新绘制示意图。

#### （5）技术要求

##### a) 外观

对于桥梁索力动测仪的外观，编写组认为应具有以下几项要求：仪器各部件无明显损坏、锈迹等缺陷。传感器底座应能保证工作时安放平稳。仪表清晰，无影响数据采集的缺陷。操作按钮应灵活，与设备配合紧密。

##### b) 读数仪频率分辨力

读数仪的频率分辨力应不大于 0.01Hz。

---

依据：

JTG/T J21-01-2015《公路桥梁荷载试验规程》附录 B 中提出：“信号采集与分析仪器，频率分辨率应至少达到 0.01Hz”。

c) 索力示值范围

索力示值范围（10~10000）kN

依据：

现有桥梁索力动测仪的读数仪索力示值范围一般为（10~10000）kN。

d) 读数仪索力分辨力

读数仪的索力分辨力应不大于 0.01kN。

依据：

现有桥梁索力动测仪的读数仪索力分辨力一般为 0.01kN。

e) 频率示值误差

频率示值误差不大于  $(0.5\%F_s \pm 0.01)$  Hz ( $F_s$  为频率标准值)。

依据：

根据编写组调研，目前桥梁索力动测仪的测量频率范围主要为(0.2~200) Hz。2006年吴康雄等在文献中指出，拉索的振动信号是由多谐振动信号组成的复合振动信号，索振动频率一般为(0.3~50) Hz，高频成分则易使得仪器采样时发生混频现象，一般应予以滤除。2016年周毅根据 GB/T 18365《斜拉桥热挤聚乙烯高强钢丝拉索技术条件》所提供的高强钢丝拉索型号参数，选取了规范推荐的最细和最粗的拉索参数，建立 ANSYS 有限元模型，对拉索自振特性进行了数值模拟，其拉索密度、截面积、直径、弹性模量、泊松比、索力恒定，索长以 1m 为步长从 10m 至 200m 进行模拟计算，得出 1 阶固有自

---

振频率范围分别是（14.39307~0.69740）Hz 和（16.28878~0.71355）Hz，且索长与频率成反比关系。JTG/T J21-01-2015《公路桥梁荷载试验规程》附录 C 表 C.0.1 自振特性参数测试设备技术要求指出：“磁电式拾振器及放大器的频率响应为 0.3Hz~20Hz，压电式加速度计及电荷放大器的频率响应为 0.5~1kHz”。因此传感器频率测量范围可设为（0.3~200）Hz。

根据调研结果，现有桥梁索力动测仪的频率精度为  $0.5\%F \pm 0.01\text{Hz}$  或优于  $0.1\%F$ （ $F$  为被测频率），考虑到实际意义，故频率示值误差应不大于（ $0.5\%F \pm 0.01$ ）Hz。

f) 索力测量示值误差

索力测量示值误差应不大于  $\pm 2\%$ 。

依据：

根据编制组调研情况，目前大部分桥梁索力动测仪能够满足 2% 的索力测量示值误差要求。

JTG/T J21-2011《公路桥梁承载能力检测评定规程》5.10 拉吊索索力检测评定中提出：“索力偏差率超过  $\pm 10\%$  时应分析原因，检定其安全系数是否满足相关规范要求，并应在结构检算中加以考虑”。显然，索力测量仪器的示值误差不应大于  $\pm 10\%$ ，否则无法进行拉索安全系数试验。

CQJTG/T F81《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》中指出，“平行钢绞线索：单根钢绞线有效拉力大小允许偏差为  $\pm 3\%$ ，整索有效拉力大小允许偏差为  $\pm 2\%$ 。平行钢丝绳索：整索有效拉力大小允许偏差为  $\pm 2\%$ ”。显然，当索力测量示值误差大于  $\pm 2\%$  时，对平行钢丝绳索进行索力测量，其测量结果示值满足需求的情况下，其测量结果的不确定度较大。

---

故此处将索力测量示值误差定为 $\pm 2\%$ 。

g) 电气安全

仪器的导电部分与仪器外表的绝缘电阻应大于  $10\text{M}\Omega$ 。

依据：

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》中提出，具有保护接地端子或保护接地点的仪表、依靠安全特低电压供电的仪表，在不同试验条件下进行绝缘电阻试验时，其与地绝缘的端子同外壳（或与地）之间、互相隔离的端子之间分别施加的直流试验电压应为：“额定电压或标称电路电压为  $130\text{V}\sim 650\text{V}$  时，直流试验电压为  $500\text{V}$ ，绝缘电阻在一般试验大气条件下为  $10\text{M}\Omega$ ”。

(6) 试验方法

a) 试验条件：环境温度为  $(20\pm 3)\text{℃}$ ，环境湿度不大于  $85\%RH$ ，试验应在无振动、无腐蚀气体和电磁干扰的室内进行。由于传感器对振动敏感以及传输信号幅值小等特性，需要避免振动对传感器测振产生干扰，避免腐蚀气体腐蚀产品影响性能，避免电磁干扰影响小信号传输。

b) 振动试验装置

振动试验装置由振动台法振动试验装置和单摆法振动试验装置组成。

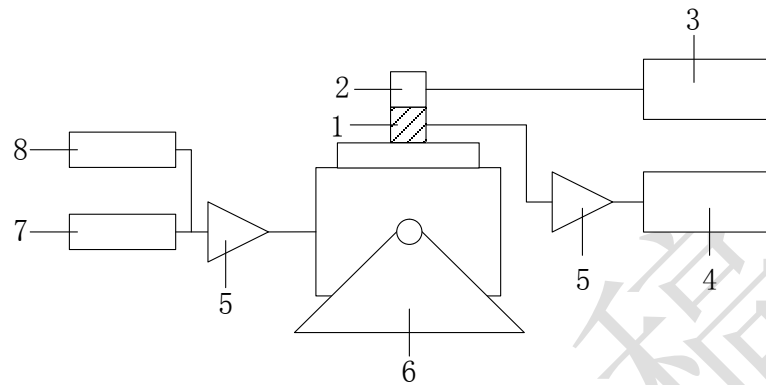
1) 振动台法振动试验装置

适用的振动频率范围为  $2\text{Hz}\sim 200\text{Hz}$ 。装置由数字计数器、信号发生器、放大器、振动台、标准传感器、数字电压表等组成。

标准传感器的参考灵敏度的不确定度为  $1\%$ 。由信号发生器、放大器、振动台组成的振动台系统的加速度波形失真度小于等于  $5\%$ ，横向振动比小于等

于 10%，幅值均匀度小于等于 5%，台面漏磁小于等于  $3 \times 10^{-3} \text{T}$ 。数字计数器的不确定度为 0.01%。数字电压表的不确定度为 0.5%。

试验装置示意图如图 4 所示。



说明：

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1——标准传感器； | 5——放大器；   |
| 2——振动传感器； | 6——振动台；   |
| 3——读数仪；   | 7——信号发生器； |
| 4——数字电压表； | 8——数字计数器。 |

图4 振动台法振动试验装置示意图

依据：该装置主要参考了 JJG 676-2000《工作测振仪检定规程》中规定的“比较法测量系统”，标准中该系统的扩展不确定度为 2% ( $k=3$ )，JJG 676-2000 推荐“比较法测量系统”可用于工作频率在 20Hz~2000Hz 范围的工况，但根据文献调研和实际试验研究发现（实验数据见表 3），频率范围在 2Hz~20Hz 以内的工况，采用该试验装置亦能实现，故标准中采用振动台法振动试验装置进行振动频率范围为 2Hz~200Hz 的振动试验。

表 3 振动台法振动试验装置实验数据（部分）

振动台振动频率 (HZ)	仪器 1		仪器 2		仪器 3	
	测量频率 (HZ)	测量误差 (%)	测量频率 (HZ)	测量误差 (%)	测量频率 (HZ)	测量误差 (%)
2	1.998	-0.1	1.999	-0.05	1.999	-0.05
	1.999	-0.05	1.999	-0.05	2	0
	1.999	-0.05	2	0	2	0
5	5.001	0.02	5	0	5.001	0.02
	4.999	-0.02	5.001	0.02	5.001	0.02
	5	0	5.001	0.02	5.001	0.02
10	10.003	0.03	10.002	0.02	10.002	0.02
	10.003	0.03	10.003	0.03	10.002	0.02
	10.004	0.04	10.003	0.03	10.003	0.03
15	14.997	-0.02	14.998	-0.013333333	14.998	-0.013333333
	15	0	14.998	-0.013333333	15	0
	15	0	15	0	14.998	-0.013333333
20	20.02	0.1	20.02	0.1	20.02	0.1
	20.02	0.1	20.01	0.05	20.02	0.1
	20.02	0.1	20.02	0.1	20.03	0.15
25	25.02	0.08	25.03	0.12	25.03	0.12
	25.02	0.08	25.02	0.08	25.03	0.12
	25.02	0.08	25.02	0.08	25.02	0.08
30	30.03	0.1	30.04	0.1333333333	30.04	0.1333333333
	30.04	0.1333333333	30.04	0.1333333333	30.03	0.1
	30.03	0.1	30.02	0.0666666667	30.03	0.1

## 2) 单摆法振动试验装置

适用的振动频率范围为 0.5Hz~2Hz。装置由底座、细柔绳以及钢卷尺等组成。钢卷尺用于测量摆长，其测量范围为 0~2m，准确度等级 II 级。

单摆频率（偏角小于 10° 时）按照公式（3）计算。

$$F = \frac{\sqrt{g}}{2\pi} \dots \dots \dots (3)$$

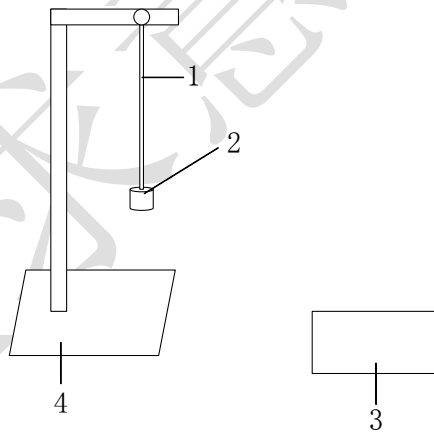
其中：

$F$ ——振动频率，单位为赫兹（Hz）；

$g$ ——重力加速度，单位为米每平方秒（ $m/s^2$ ）；

$l$ ——摆长，单位为米（m）。

试验装置示意图如图5所示。



说明：

1——细柔绳；

3——读数仪；

2——振动传感器；

4——底座。

图5 单摆法振动试验装置示意图

依据：



索力动测仪通过单摆装置实现低频振动的检定。单摆装置的示意图如图 5 所示。实验时应选取合适长度和粗细的细柔绳连接底座的挂扣和传感器，使传感器自由悬挂，传感器和读数仪通过线缆连接时，连接线缆需沿着平行于细柔绳的方向走线，并保持松弛状态，不应影响传感器摆动。根据公式 (3)， $F$  为摆动频率， $g$  为重力加速度， $l$  为摆长，可以得到相应的振动频率。实验数据见表 4。

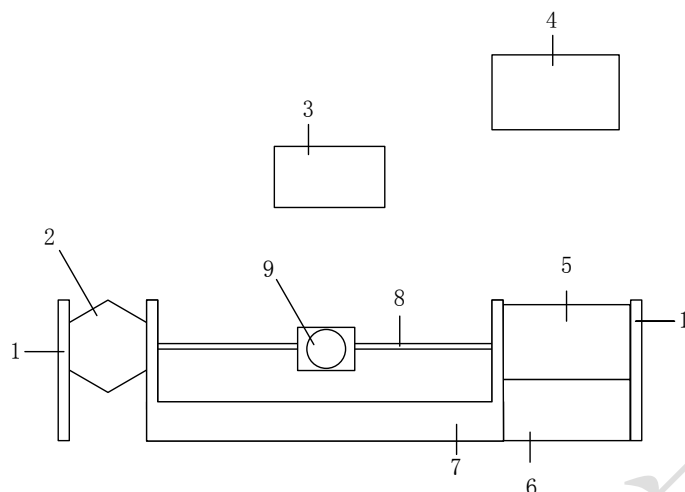
表 4 单摆法振动试验装置实验数据（部分）

振动台振动频率 (HZ)	仪器 1		仪器 2		仪器 3	
	测量频率 (HZ)	测量误差 (%)	测量频率 (HZ)	测量误差 (%)	测量频率 (HZ)	测量误差 (%)
0.358	0.358	0	0.357	-0.279329	0.357	-0.27932
	0.358	0	0.358	0	0.357	-0.279329609
	0.359	0.279329	0.357	-0.279329	0.357	-0.27932

### (7) 索力试验装置

索力试验装置由锚具、标准测力计、控制器、试验台座、拉索、油泵以及千斤顶组成。装置的索力输出范围为 (10~8000) kN，分度值为 0.01kN，拉索长度不小于 7m。标准测力计包括小力值标准测力计 (测量范围 (0.01~1000) kN) 和大力值标准测力计 (测量范围 (1000~5000) kN)，准确度等级为 0.03，力值重复性为  $3 \times 10^{-4}$ ，力值稳定度优于  $\pm 3 \times 10^{-4}$ 。

装置示意图如图 6 所示。



说明：

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1——锚具；    | 6——油泵；    |
| 2——标准测力计； | 7——试验台座；  |
| 3——控制器；   | 8——拉索；    |
| 4——读数仪；   | 9——振动传感器。 |
| 5——千斤顶；   |           |

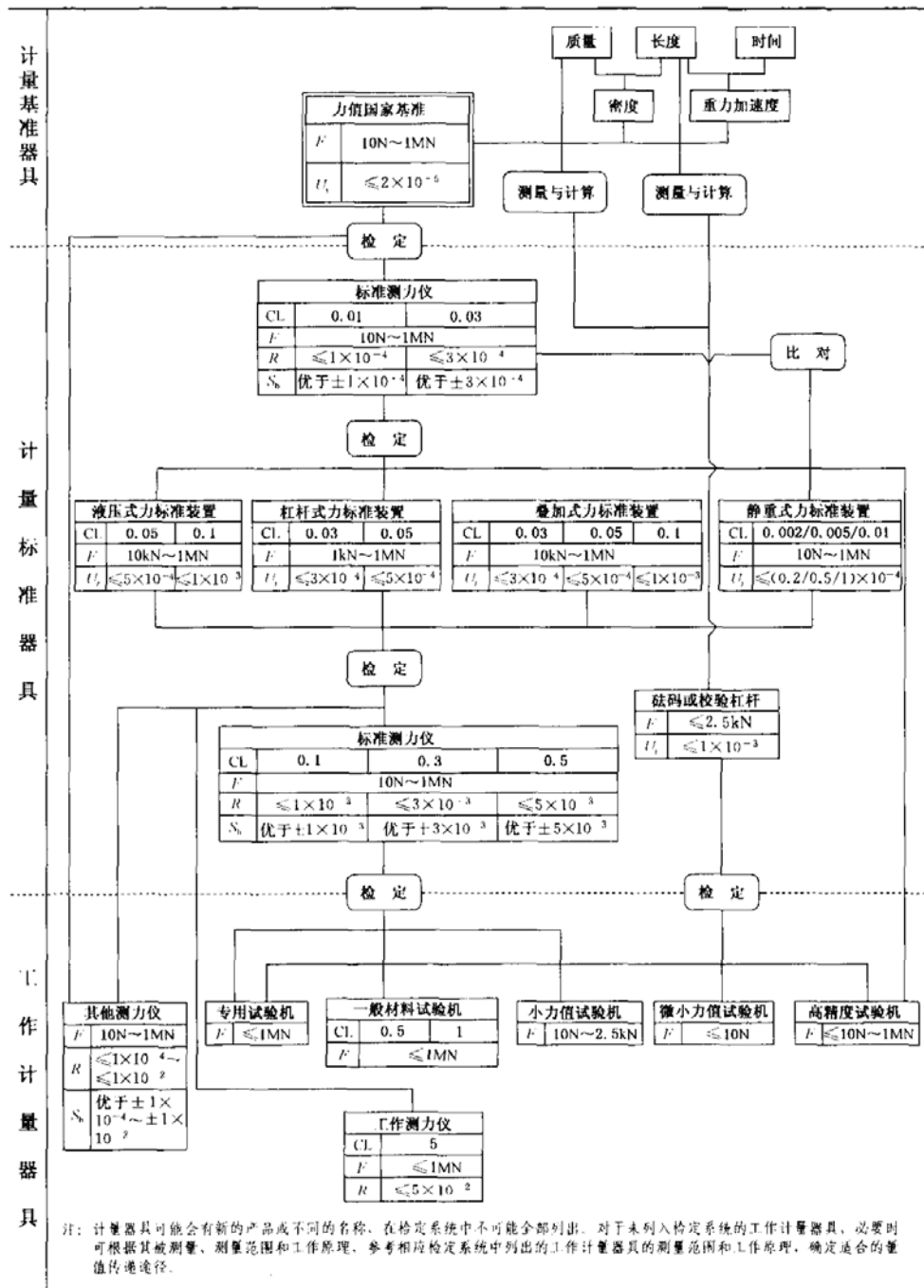
图6 索力试验装置示意图

依据：

对于实际的桥梁用索结构而言，其使用范围很是广泛，有索力大小数十吨的吊杆，也有三百吨左右的拉索，其长度也可小至十几米，大至五百米。在实验室环境内，难以做到对拉索各种长度、各种型号均制作成校准试验拉索。编写组在制订桥梁索力动测仪索力试验装置时，根据对厂家等单位的调研和实际计量性能指标的考核，设计出一套基于千斤顶拉索张拉的索力试验装置。将拉索固定在两端锚具上，拉索一端安装有标准测力计以作为桥梁索力动测仪的力值溯源标准（计量性能的确参考 JJG 2045 《力值（ $\leq 1\text{MN}$ ）

计量器具》、JJG 2006《大力值计量器具》，见图7、图8）。

力值 ( $\leq 1\text{ MN}$ ) 计量器具检定系统表框图



符号说明： $F$ ——力值范围； $U_1$ ——力值相对扩展不确定度（对于基准  $k=3$ ，对于标准  $k=2$ ）； $R$ ——力值重复性； $S_0$ ——力值稳定度；CL——级别

图7 力值计量器具检定系统表框图 ( $\leq 1\text{ MN}$ )

大力值计量器具检定系统框图

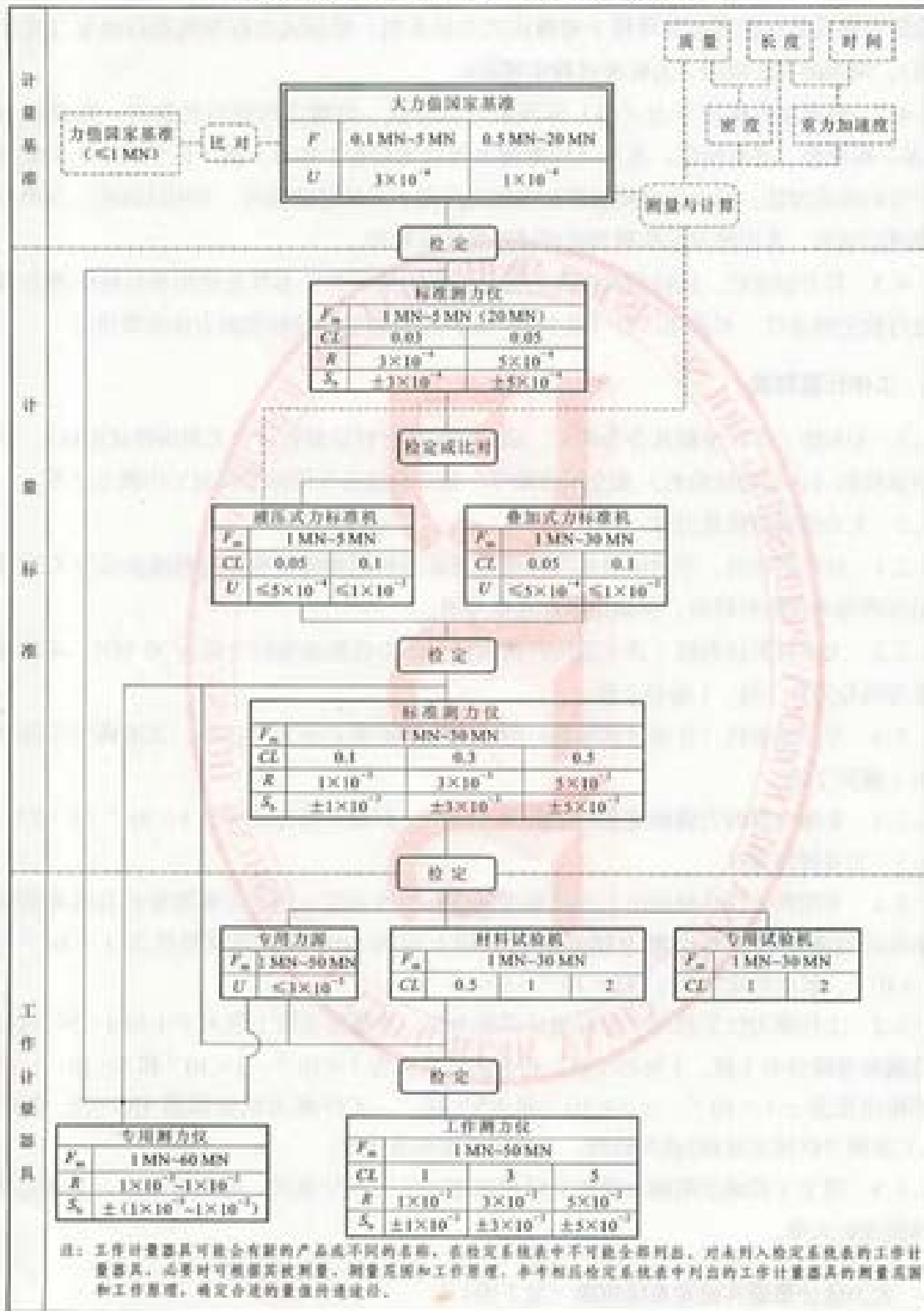


图8 大力值计量器具检定系统框图

---

征求意见会上，专家提出合并原“张拉装置”和“标准测力计”为“索力试验装置”，会后已进行相应的修改。

#### (8) 外观

目测及手感桥梁索力动测仪各部件，应符合 5.1 的要求。

依据：

5.1 规定了仪器的外观，主要包括部件明显缺陷、传感器底座稳定、仪表清晰、操作按钮灵敏等，可以通过目测做出判断。

#### (9) 读数仪频率分辨力

启动桥梁索力动测仪，观察读数仪的示值，应符合 5.3 的要求。

依据：

5.3 要求频率分辨力应不大于 0.01Hz，可以通过目测判断。

#### (10) 索力示值范围

依据：

启动桥梁索力动测仪，观察读数仪的示值，应符合 5.4 的要求。

5.4 要求示值范围（10~10000）kN，可以通过目测判断。

#### (11) 读数仪索力分辨力

启动桥梁索力动测仪，观察读数仪的示值，应符合 5.5 的要求。

依据：

5.5 要求读数仪的索力分辨力应不大于 0.01kN，可以通过目测判断。

#### (12) 频率示值误差

a) 将桥梁索力动测仪的传感器固定在振动试验装置上。

b) 由振动试验装置给出某一固定的振动幅值，在（0.3~1）Hz中取1个频率进行试验。记录被检桥梁索力动测仪的频率示值 $F$ 。

c) 按照公式（4）分别计算各试验频率示值误差：

$$\Delta F = F - F_s \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\Delta F$ ——频率测量示值误差，单位为赫兹（Hz）；

$F$ ——被检桥梁索力动测仪的频率示值，单位为赫兹（Hz）；

$F_s$ ——频率标准值，单位为赫兹（Hz）。

d) 在（1~10）Hz、（10~50）Hz、（50~100）Hz、（100~200）Hz 4个范围内，各选取1个频率，重复a)~c)步骤。计算结果均应符合5.2的要求。

依据：

根据振动试验装置进行试验设计。当采用的装置是振动台法振动试验装置时，根据 JIG 676-2000 的要求，桥梁索力动测仪的传感器需和标准传感器安装在一起（背靠背或肩并肩），以保证试验结果的准确可靠。当采用的装置是单摆法振动试验装置时，需要将桥梁索力动测仪的传感器固定在细柔绳的底端，使传感器自由悬挂，传感器和读数仪通过线缆连接时，连接线缆需沿着平行于细柔绳的方向走线，并保持松弛状态，不应影响传感器摆动。

（0.3~1）Hz 可采用单摆法振动试验装置进行试验，（10~50）Hz、（50~100）Hz、（100~200）Hz 可采用振动台法振动试验装置进行试验，（1~10）Hz 则根据选取的频率确定试验装置和方法。

### （13）索力测量示值误差

a) 将桥梁索力动测仪的传感器固定在索力试验装置的拉索中部侧面，使其测量拉索的面外横向振动。

b) 启动索力试验装置，待张拉稳定后记录标准测力计的示值 $T_s$ 。记录桥梁索力动测仪显示的索力值 $T$ 。

c) 按照公式（5）计算上述试验的索力测量误差。

$$\delta = \frac{T - T_s}{T_s} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

式中：

$\delta$ ——索力测量示值误差。

$T$ ——桥梁索力动测仪显示的索力值；

$T_s$ ——标准测力计的示值；

d) 改变索力试验装置输出的力值，重复a)~c)步骤。计算结果均应符合5.6的要求。

依据：

根据 JTG/T J21-01-2015 《公路桥梁荷载试验规范》的要求，在使用桥梁索力动测仪测量索力时，传感器应采用专业夹具或绑带固定在索股上，安装位置宜远离索股锚固端，测量索的面外横向振动。因此，在试验时将桥梁索力动测仪的传感器固定在索力试验装置的拉索中部侧面，使其测量拉索的面外横向振动。

索力测量示值误差计算公式采用测量值和标准值的差除以标准值的形式，符合目前大多数产品的实际情况以及检测需求。

征求意见会上，专家提出补充传感器安装的位置和方向，会后已做相应的补充：“将桥梁索力动测仪的传感器固定在索力试验装置的拉索中部侧面，

---

使其测量拉索的面外横向振动”。

#### （14）电气安全

用 500V/500M $\Omega$  的绝缘电阻表，测量仪器电源线与仪器金属外壳和接地保护极之间的绝缘电阻值。电气安全性满足 5.7 要求。

依据：

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》中提出，绝缘电阻试验需在一般试验大气条件：温度 15~35℃，相对湿度 45%~75% 下进行，标准规定的试验条件符合要求。GB/T 15479 同时规定了，测试绝缘电阻的设备为兆欧表或绝缘电阻表。

### （三）预期的经济效果、社会效果及环境效果分析

近些年来，随着桥梁跨度的不断增大，以索结构为主要受力构件的桥梁越来越多。桥梁的设计、建造和运营等各个阶段，都要求能够准确掌握拉索的受力情况，JTG/T J21-2011《公路桥梁承载能力检测评定规程》、CQJTG/T F81《桥梁预应力及索力张拉施工质量检测验收规程》、JTG/T J21-2011《公路桥梁承载能力检测评定规程》、JTG H11-2004《公路桥涵养护规范》等都对拉索索力测量提出了要求。因此针对桥梁索结构的索力测试有着十分重要的地位。桥梁索力动测仪是公路桥梁中拉索索力测量的主要仪器之一，然而由于桥梁索力动测仪长期缺少计量标准，其测量准确度饱受质疑。

由于地区经济发展不平衡，桥梁索力动测仪生产存在厂家多、市场混乱、产品质量与可靠性等不近人意的状况。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公路桥梁检测市场。



---

这种状况与当前公路桥梁建设的发展需要很不适应，已经严重影响了公路桥梁工程的建设质量管理工作。同时，随着电子技术的发展，许多产品在工程应用上已经较为普及，为确保公路桥梁建设工程质量，制订相关交通行业标准，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。

桥梁索力动测仪在计量上面对诸多问题，其计量标准体系的设计研制是一个从无到有的过程。JTG H11-2004《公路桥涵养护规范》4.7.2指出，“对索力偏离设计限值得拉索进行索力调整。张拉的顺序、级次和量值应按设计规定进行，并测定索力和延伸值，同时进行控制”，“竣工后必须对全桥斜拉索的索力和主梁高程进行测定，检验换索效果，并作为验收的依据”。桥梁索力动测仪标准的制定，能够服务我国拉索桥建设工程量大，跨径不断增大的实际需求。通过制定行业标准，桥梁索力动测仪行业标准给出了桥梁索力动测仪的生产要求，明确了产品的出厂检验等检验方法。采用统一标准进行桥梁索力动测仪的生产、检验和使用后，各厂家生产的产品质量和稳定性将得到保障，促进桥梁索力动测仪设备准确性的提高，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

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。本标准不违反现行法律、法规和强制性标准。产品的技术指标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》、GB/T 2298《机械振动、冲击与状态监测 词汇》、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》、JJG 676-2000《工作测振仪检定规程》、JTG H11-2004《公路桥涵养护规范》等标准，产品的标志、包装、运输及储存主要参考了GB/T 191《包装储运图示标志》、GB/T 9969《工业产品使用说明书总则》、GB/T 13384《机电产品包装通用技术条件》、GB/T 25480《仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法》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。