

中华人民共和国交通运输行业标准

水运工程 钢弦式锚索测力计

# 编制说明

（征求意见稿）

编写组

2016 年 11 月

# 钢弦式锚索测力计技术标准

## 编制说明

### 1. 工作简况

#### 1.1. 任务来源

本技术标准是依据《交通运输部关于下达 2016 年交通运输标准化计划的通知》交科技发【2016】506 号，计划编号 JT 2016-116。同时，本标准为“交通运输安全相关标准研究及制定（2015）”（合同编号 2015 439 223 040）项目的研究成果。

#### 1.2. 协作单位

本标准在修订过程中，获得了南京水利科学研究院的大力支持。南京水利科学研究院拥有水文测绘仪器、岩土监测仪器的型式试验能力，在标准的修订过程中，提供了技术支持。

#### 1.3. 编制过程

原技术标准于 2002 年 10 月成立了《水运工程 钢弦式锚索测力计》技术标准编写组。2003 年 3 月提出技术标准的征求意见稿，经过修改先后形成送审稿和报批稿。于 2004 年 6 月 3 日发布，2004 年 9 月 1 日实施并定为中华人民共和国交通运输部行业标准，标准代号与标准顺序号为 JT/T578，年号为 2004。

《水运工程 钢弦式锚索测力计》（JT/T 578-2004）公开发布并实施至今已有 12 年之久，根据该标准实施运行情况和工程检测技术的发展变化，原标准有必要进行修编，一些技术要求和技术指标以及试验程序、计算方法需要修改。依据交科技发【2016】506 号文，于 2016 年 8 月成立了《水运工程 钢弦式锚索测力计》技术标准修编组。

本标准在修编过程中广泛收集了国内外钢弦式锚索测力计的研究单位、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，在此基础上修编组学习了由中国标准出版社出版的《标准的编写》一书，依据 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规划》，根据我国目前的实际情况与特点，结合土木工程检测技术的实际需求对 JT/T 578-2004《水运工程 钢弦式锚索测力计》进行了修编，

2016 年 9 月完成了 JT/T 578-XXXX《水运工程 钢弦式锚索测力计》征求意见稿。

#### 1.4. 标准的起草人及其主要工作

本标准起草人为：曹玉芬、窦春晖、赵晖、柳义成。曹玉芬负责整个标准编制的协调工作；窦春晖负责整个标准的技术把关，和对数据的验证；赵晖确定钢弦式锚索测力计的技术参数、测试设备及其参数的确定和量值溯源路线；柳义成负责钢弦式锚索测力计测试方法的确定，以及测试设备的验证。

## 2. 标准的编制规则及主要内容

### 2.1. 标准的修编原则

根据此类产品的国内生产水平，内容上以国内先进技术为依据，形式上按 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规划》的要求修编。

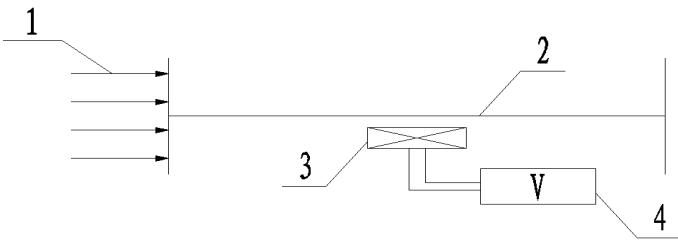
钢弦式锚索测力计在修编的过程中，遵循以下原则：

- 1) 协调性原则，与现行的法律法规协调一致；
- 2) 适用性原则，仪器设备标准中技术指标，需要符合当前的技术水平，技术指标的确定需要符合当前厂家所能达到的技术水平；
- 3) 科学性原则，钢弦式锚索测力计中关于仪器设备性能试验的内容，应当符合国家标准的相应要求；
- 4) 溯源性原则，钢弦式锚索测力计作为试验检测设备，属于计量器具，因此该仪器检测方法，需要参考国家量值溯源系统表，以量值溯源链的完整以及数据的准确可靠。

### 2.2. 标准的主要内容

标准修编的主要内容见表 1。

修编内容一览表

序号	JT/T 578-2004	JT/T 578-XXXX
1	<p>3.术语和定义</p> <p>下列术语和定义适用于本标准。</p> <p>3.1 钢弦式锚索测力计 vibrating wire anchor cable loadcell</p> <p>一种长期检测岩石高边坡、地下围岩、港口码头等工程中检测预应力锚索张力的传感器。</p>	<p>3.术语和定义</p> <p>3.1 钢弦式锚索测力计 vibrating wire anchor cable loadcell</p> <p>一种长期检测岩石高边坡、地下围岩、港口码头等工程中检测预应力锚索张力的传感器。</p> <p>3.2 输出频带 exportable frequency band width</p> <p>为钢弦式锚索测力计零压力输出频率与满量程输出频率之差。</p> <p>3.3 参比工作条件 reference work condition</p> <p>为标准测试工作条件。</p>
2	<p>无工作原理</p>	<p>4.2 工作原理</p> <p>预应力锚索穿入受力环内并与受力环夹紧，当预应力锚索轴向拉力发生变化时，位于锚索测力计的受力环内部的钢弦受到的压力也发生变化，导致钢弦自振频率发生变化，由二次仪表通过线圈对钢弦激振并接收其自振频率信号，便可求得作用在锚索上的拉力。其工作原理见图2。</p>  <p>1.压力                  2.钢弦                  3.线圈                  4.激振电压</p> <p>图2 钢弦式锚索测力计的工作原理示意图</p>

3	4.2 基本参数 基本参数见表 1。	4.3 基本参数 基本参数见表 1。																																																																																																									
	<table><tr><td colspan="7">表 1 基本参数</td></tr><tr><td>测量范围,kN</td><td>1000</td><td>2000</td><td>3000</td><td>4000</td><td>5000</td><td>6000</td></tr><tr><td>穿心孔径<sup>a</sup>,mm<sup>2</sup></td><td>108</td><td>142</td><td>160</td><td>190</td><td>190</td><td>230</td></tr><tr><td>最大外径<sup>a</sup>,mm</td><td>315</td><td>355</td><td>385</td><td>420</td><td>430</td><td>466</td></tr><tr><td>分辨力,0.01F S<sup>b</sup></td><td colspan="2">≤0.2</td><td colspan="4">≤0.15</td></tr><tr><td>输入频带变化范围,Hz</td><td colspan="2">500~600</td><td colspan="4">700~1000</td></tr><tr><td colspan="7">a 推荐尺寸。 b F S 表示满量程测值, (下同)。</td></tr></table>	表 1 基本参数							测量范围,kN	1000	2000	3000	4000	5000	6000	穿心孔径 <sup>a</sup> ,mm <sup>2</sup>	108	142	160	190	190	230	最大外径 <sup>a</sup> ,mm	315	355	385	420	430	466	分辨力,0.01F S <sup>b</sup>	≤0.2		≤0.15				输入频带变化范围,Hz	500~600		700~1000				a 推荐尺寸。 b F S 表示满量程测值, (下同)。							<table><tr><td colspan="7">表 1 基本参数</td></tr><tr><td>测量范围,kN</td><td>1000</td><td>2000</td><td>3000</td><td>4000</td><td>5000</td><td>6000</td></tr><tr><td>穿心孔径<sup>a</sup>,mm<sup>2</sup></td><td>108</td><td>142</td><td>160</td><td>190</td><td>190</td><td>230</td></tr><tr><td>最大外径<sup>a</sup>,mm</td><td>315</td><td>355</td><td>385</td><td>420</td><td>430</td><td>466</td></tr><tr><td>分辨力,0.01F S<sup>b</sup></td><td colspan="2">≤0.2</td><td colspan="4">≤0.5</td></tr><tr><td>输入频带变化范围,Hz</td><td colspan="2">500~600</td><td colspan="4">700~1000</td></tr><tr><td>工作温度,℃</td><td colspan="6">-20~+60</td></tr><tr><td colspan="7">注: a 推荐尺寸。 b F S 表示满量程测值, (下同)。</td></tr></table>	表 1 基本参数							测量范围,kN	1000	2000	3000	4000	5000	6000	穿心孔径 <sup>a</sup> ,mm <sup>2</sup>	108	142	160	190	190	230	最大外径 <sup>a</sup> ,mm	315	355	385	420	430	466	分辨力,0.01F S <sup>b</sup>	≤0.2		≤0.5				输入频带变化范围,Hz	500~600		700~1000				工作温度,℃	-20~+60						注: a 推荐尺寸。 b F S 表示满量程测值, (下同)。						
	表 1 基本参数																																																																																																										
测量范围,kN	1000	2000	3000	4000	5000	6000																																																																																																					
穿心孔径 <sup>a</sup> ,mm <sup>2</sup>	108	142	160	190	190	230																																																																																																					
最大外径 <sup>a</sup> ,mm	315	355	385	420	430	466																																																																																																					
分辨力,0.01F S <sup>b</sup>	≤0.2		≤0.15																																																																																																								
输入频带变化范围,Hz	500~600		700~1000																																																																																																								
a 推荐尺寸。 b F S 表示满量程测值, (下同)。																																																																																																											
表 1 基本参数																																																																																																											
测量范围,kN	1000	2000	3000	4000	5000	6000																																																																																																					
穿心孔径 <sup>a</sup> ,mm <sup>2</sup>	108	142	160	190	190	230																																																																																																					
最大外径 <sup>a</sup> ,mm	315	355	385	420	430	466																																																																																																					
分辨力,0.01F S <sup>b</sup>	≤0.2		≤0.5																																																																																																								
输入频带变化范围,Hz	500~600		700~1000																																																																																																								
工作温度,℃	-20~+60																																																																																																										
注: a 推荐尺寸。 b F S 表示满量程测值, (下同)。																																																																																																											
4	5 技术要求  5.1 正常工作条件  5.1.1 应能在温度为-20℃~+60℃的环境中正常工作;  5.1.2 应能在水压力 500kPa 下正常工作。	5 技术要求  5.1 正常工作条件  a)应能在温度为-20℃~+60℃的环境中正常工作;  b)应能在水压力 500kPa 下正常工作。  5.2 参比工作条件  a) 温度为 20℃±2℃;  b) 相对湿度: ≤85%;  c) 大气压力为 86kPa~106kPa。																																																																																																									
5	5.4 温度影响  锚索测力计温度影响应不大于±0.4%F S/10℃。	5.5 温度影响  在大气压状态、温度为在-20℃~+60℃的使用范围内, 锚索测力计温度影响应不大于±0.4% F S /10℃。																																																																																																									

6	<p>5.8 稳定性</p> <p>5.8.1 锚索测力计在参比工作条件下, 按满量程压力值加、卸荷循环 3 次, 其零点漂移应不大于<math>\pm 0.25\%FS</math>。</p> <p>5.8.2 锚索测力计静置 90d 后, 在参比工作条件下, 其零点漂移应不大于<math>\pm 0.25\%FS</math>, 并符合 5.2 的规定。</p>	<p>5.9 稳定性</p> <p>5.9.1 锚索测力计在参比工作条件下, 按满量程压力值加、卸荷循环 3 次, 其零点漂移应不大于<math>\pm 0.1\%FS</math>。</p> <p>5.9.2 锚索测力计静置 90d 后, 在参比工作条件下, 其零点漂移应不大于<math>\pm 0.1\%FS</math>, 并符合 5.3 的规定。</p> <p>5.9.3 锚索测力计在温度-30℃~+70℃的运输贮存环境中应不损坏, 当环境条件恢复至参比工作条件时, 其零点漂移应不大于<math>\pm 0.1\%FS</math>。并符合 5.3 的规定。</p>
7	<p>无耐运输颠簸</p>	<p>5.10 耐运输颠簸</p> <p>在包装运输时, 锚索测力计能承受运输颠簸, 应能承受最大加速度为 5g; 进行历时 10min 的颠簸试验, 当恢复至参比工作条件时, 其零点漂移应不大于<math>\pm 0.1\%FS</math>, 当恢复至参比工作条件时, 应符合 5.3 的规定。</p>
8	<p>6.2.1 主要试验设备</p> <p>主要实验设备包括:</p> <p>a) 1%精度的 6000kn 万能材料试验机;</p> <p>b) 分辨力为 0.01Hz 的钢弦式频率测定仪;</p> <p>c) 万用表;</p> <p>d) 示波器。</p>	<p>6.1.2 主要试验设备</p> <p>a) 准确度等级为 1 级的 6000kN 万能材料试验机;</p> <p>b) 分辨力为 0.01Hz 的钢弦频率测定仪;</p> <p>c) 100v 绝缘电阻表;</p> <p>d) 示波器;</p>

9	<p>6.2.2 实验步骤</p> <p>实验步骤如下:</p> <p>a) 在参比工作条件下, 锚索测力计预先放置 24h 以上;</p> <p>b) 将锚索测力计安装在万能材料试验机上, 按满量程压力值预压三次, 每次间隔 5 min, 然后进行试验;</p> <p>c) 按量测范围取相隔两点间压力增量为 10 %F S, 逐级加荷至满量程压力值。每级压力至少保持 1 min 后再读取输出频率值;</p> <p>d) 加压到满量程压力值之后, 按 c) 的方法逐级退荷至零点压力, 并读取输出压力值;</p> <p>e) 退回零点应压力值之后, 保持 3min, 读取零点压力输出值;</p> <p>f) 按 a) 至 e) 的步骤, 至少进行三次试验。</p>	<p>6.3 性能参数试验</p> <p>6.3.1 分辨力试验</p> <p>实验步骤如下:</p> <p>a) 在参比工作条件下, 锚索测力计预先放置24h以上;</p> <p>b) 将锚索测力计安装在应变传感器标定架上, 静置20min, 然后进行正式试验;</p> <p>c) 测量零压力状态下的输出频率值,然后按10 %F S, 逐级加荷, 观察输出频率的变化, 直到输出频率发生了变化, 记录输出频率第一次发生变化时的压力值(最小启动压力)和对应的输出频率值;</p> <p>d) 按上述c)的步骤, 至少进行三次试验,每次间隔不少于5min;</p> <p>e) 然后将锚索测力计在万能材料试验机上, 静置20min, 然后进行正式试验;</p> <p>f) 测量零压力状态下的输出频率值, 然后按满量程压力加荷, 记录满量程压力值及各自对应的输出频率值;</p> <p>g) 按上述f)的步骤, 至少进行三次试验, 每次间隔不少于5min。</p>
10	<p>6.4 温度影响试验</p> <p>将锚索测力计放入高、低温箱中, 在温度为 -20, 0, 20, 40, 60℃时至少保持 2h 读取输出频率值。应符合 5.4 的规定。</p>	<p>6.5 温度影响试验</p> <p>锚索测力计温度影响试验按下列要求进行:</p> <p>a)在 0℃~40℃范围内进行试验;</p> <p>b)每个温度环境下应保持 1h 后, 方可读取输出频率值;</p> <p>c)温度影响试验应不少于 10 个温度试验值, 10 次试验每级温差不应小于 2℃。其测试温度范围不应小于 30℃;</p> <p>d)温度影响系数计算方法按附录 A 中相关计算方法进行。</p>

11	<p>6.8 稳定性试验</p> <p>6.8.1 将锚索测力计放置在万能材料试验机上, 按满量程压力值加荷, 再卸荷, 重复 3 次。然后, 恢复至零压力状态, 2h 后测其零点漂移值应符合 5.8.1 的规定;</p> <p>6.8.2 将锚索测力计静置 90d, 在参比工作条件下, 按 6.1 的规定重复做一次试验, 并测试其零点漂移值, 应符合 5.8.2 的规定;</p>	<p>6.9 稳定性试验</p> <p>6.9.1 将锚索测力计放置在万能材料试验机上, 按满量程压力值加荷, 再卸荷, 重复 3 次。然后, 恢复至零压力状态, 2h 后测其零点漂移值应符合 5.9.1 的规定;</p> <p>6.9.2 将锚索测力计静置 90d, 在参比工作条件下, 按 6.1 的规定重复做一次试验, 并测试其零点漂移值, 应符合 5.9.2 的规定;</p> <p>6.9.3 将锚索测力计置于高、低温箱中, 取温度为-30℃和+70℃两个测点, 加温后读取输出频率值, 当环境条件恢复至参比工作条件时, 应符合 5.9.3 的规定。</p>
12	<p>8.4 贮存</p> <p>包装好的锚索测力计应能适应下列环境条件及贮存要求:</p> <p>a) 贮存环境温度: -30℃~+60℃;</p> <p>b) 贮存环境相对湿度: 不大于 85%RH (40℃时);</p> <p>c) 贮存锚索测力计的附近不得有酸性、碱性及其他腐蚀性物质。</p>	<p>8.4 贮存</p> <p>包装好的锚索测力计应能适应下列环境条件及贮存要求:</p> <p>a) 贮存环境温度: -30℃~+60℃;</p> <p>b) 贮存环境相对湿度: 不大于 85%;</p> <p>c) 贮存锚索测力计的附近不得有酸性、碱性及其他腐蚀性物质;</p> <p>d) 贮存时间最长不得大于一年, 超过一年应进行检验。</p>



13	<p>A.1 锚索测力计所承受拉应力和压应力 <math>P</math> 的计算</p> $P_i = k (f_0^2 - f_i^2) \dots\dots\dots (A.1)$ <p>式中: <math>P_i</math>——<math>i</math>时刻锚索测力计受到的拉应力或压应力(拉应力为正值、压应力为负值), 单位为兆帕 (MPa);</p> <p><math>k</math>——传感器系数, 单位为兆帕每平方赫兹 (MPa/Hz<sup>2</sup>);</p> <p><math>f_0</math>——零点压力输出频率, 单位为赫兹 (Hz);</p> <p><math>f_i</math>——对应于 <math>p_i</math> 的输出频率, 单位为赫兹 (Hz)。</p>	<p>A.1 锚索测力计所承受拉应力和压应力 <math>P</math> 的计算</p> $P_i = k\{f_0^2 - [f_i^2 + B(T_0 - T_i)]\} / S \dots\dots\dots (A.1)$ <p>由于试验时 <math>T_0 = T_i</math> 所以:</p> $P_i = k(f_0^2 - f_i^2) / S \dots\dots\dots (A.2)$ <p>式中: <math>P_i</math>——<math>i</math>时刻锚索测力计受到的拉应力或压应力(拉应力为正值、压应力为负值), 单位为兆帕 (MPa);</p> <p><math>k</math>——传感器系数, 单位为兆帕每平方赫兹 (MPa/Hz<sup>2</sup>);</p> <p><math>f_0</math>——零点压力输出频率, 单位为赫兹 (Hz);</p> <p><math>f_i</math>——对应于 <math>p_i</math> 的输出频率, 单位为赫兹 (Hz);</p> <p><math>B</math>——传感器温度影响系数, 单位为平方赫兹每摄氏度 (Hz<sup>2</sup>/°C);</p> <p><math>T_0</math>——传感器标定时温度, 单位为摄氏度 (°C);</p> <p><math>T_i</math>——传感器观测时环境温度, 单位为摄氏度 (°C);</p> <p><math>S</math>——锚索测力计钢套断面面积, 单位为 1000 平方毫米, (1000mm<sup>2</sup>)。</p>
----	--	---

14	无锚索测力计传感器系数 $k$ 的计算	<p>A.2 锚索测力计传感器系数 <math>k</math> 的计算</p> $k_i = (P_i \times S) / \{f_0^2 - [f_i^2 + B(T_0 - T_i)]\} \dots\dots\dots (A.5)$ <p>由于试验时 <math>T_0=T_i</math> 所以:</p> $k_i = (P_i \times S) / (f_0^2 - f_i^2) \dots\dots\dots (A.6)$ $k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m k_i \dots\dots\dots (A.7)$ <p>式中: <math>k_i</math>——对应于 <math>P_i</math> 时的锚索测力计系数【当压力试验时求得的 <math>k_i</math> 应乘以 (-1)】, 单位为兆帕每平方赫兹 (MPa/Hz<sup>2</sup>);</p> <p><math>m</math>——试验的次数 (<math>i=1, 2, \dots m</math>)。</p>
15	无锚索测力计温度影响系数 $B$ 的计算	<p>A.3 锚索测力计温度影响系数 <math>B</math> 的计算</p> $B = (f_i^2 - f_j^2) / (T_i - T_j) \dots\dots\dots (A.8)$ <p>式中: <math>B</math>——锚索测力计温度影响系数, 单位为平方赫兹每摄氏度 (Hz<sup>2</sup>/°C);</p> <p><math>f_i</math>——对应于 <math>T_i</math> 的输出频率, 单位为赫兹 (Hz);</p> <p><math>f_j</math>——对应于 <math>T_j</math> 的输出频率, 单位为赫兹 (Hz);</p> <p><math>T_i</math>——锚索测力计 <math>i</math> 时环境温度, 单位为摄氏度 (°C);</p> <p><math>T_j</math>——锚索测力计 <math>j</math> 时环境温度, 单位为摄氏度 (°C)。</p>

16	无最小启动压力对应的输出频率值 $f_{yr}$ 的计算	<p>A.6 最小启动压力对应的输出频率值<math>f_{yr}</math>的计算</p> $f_{yr} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m f_{yri} \dots\dots\dots (A.12)$ <p>式中:m——试验循环的次数 (i=1, 2, ...m) ;</p> <p><math>f_{yr}</math> ——最小启动压力对应的输出频率值, 单位为赫兹 (Hz) ;</p> <p><math>f_{yri}</math> ——第i次试验测得的最小启动压力对应的输出频率值, 单位为赫兹 (Hz)。</p>
17		删除“参考文献”

### 2.3. 标准的修编依据

钢弦式锚索测力计行业标准中通用技术要求、计算公式参考国家标准《岩土工程用钢弦式压力传感器》(GB/T 13606-2007);技术参数来源于对近年来岩土监测设备的参数的统计;试验设备及其参数来源于钢弦式锚索测力的量值溯源需求。

### 3. 社会效益预测

钢弦式锚索测力计不仅被应用于水运工程的水工建筑物,而且还广泛应用于公路工程、水利工程、建筑工程、铁路及桥梁工程中。修编后的技术标准颁布后,更贴近于工程需求,实用性更强将促进钢弦式锚索测力计的生产、使用与管理工作的完善,实现规范化管理,具有间接的经济效益和社会效益。

本标准 of 交通运输部门计量检定规程《水运工程 钢弦式锚索测力计》[JJG(交通)036]的基础性技术文件,钢弦式锚索测力计的计量检定作好铺垫。

### 4. 采用国际标准和国外先进标准的程度,以及与国际、国外同类标准水平的对比情况,或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

国外没有钢弦式锚索测力计的相关标准。在我国境内,使用的钢弦式锚索测力计几乎全部为国产产品。我国对钢弦式锚索测力计的管理,需要其符合我国的量传体系。该标准的制定与实施即为保证钢弦式锚索测力计的量值溯源,确保水运工程建设质量。

### 5. 与有关的现行法律、法规和标准的关系

钢弦式锚索测力计的标准符合当前《中华人民共和国标准化法》,符合交通运输部对钢弦式锚索测力计标准与规程的管理办法,与现行的法律、法规无冲突。

该标准为交通运输部门计量检定规程《水运工程 钢弦式锚索测力计》[JJG(交通)036-2004]的基础性技术文件。

### 6. 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在修订过程中,未出现重大分歧意见。

### 7. 其他予以说明的事项

无。