JJF

陕 西 省 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（陕）XXX－2021

光电式皮带张力计校准规范

Calibration Specification for Photoelectric Belt Tension Meters

（报批稿）

2021－XX－XX 发布　　2021－XX－XX 实施

陕 西 省 市 场 监 督 管 理 局 发布

光电式皮带张力计校准规范

JJF(陕)XXX－2021

Calibration Specification for Photoelectric Belt Tension Meters

归 口 单 位：陕西省市场监督管理局

主要起草单位：陕西省计量科学研究院

参加起草单位：西安热工研究院有限公司

本规范由陕西省市场监督管理局负责解释

本规范主要起草人：

李　勍（陕西省计量科学研究院）

郑慧慧（陕西省计量科学研究院）

王　玲（陕西省计量科学研究院）

参加起草人：

韦　宣（西安热工研究院有限公司）

贠　韫（陕西省计量科学研究院）

白　洁（陕西省计量科学研究院）

吴　勇（陕西省计量科学研究院）

目　　录

引　言.....（Ⅱ）
1　范围.....（1）
2　引用文件.....（1）
3　术语和计量单位.....（1）
4　概述.....（1）
5　计量特性.....（1）
6　校准条件.....（2）
6.1　环境条件.....（2）
6.2　测量标准及其他设备.....（2）
7　校准项目和校准方法.....（3）
7.1　校准项目.....（3）
7.2　校准方法.....（3）
8　校准结果表达.....（4）
9　复校时间间隔.....（4）
附录 A　光电式皮带张力计原始记录参考格式（参考）.....（5）
附录 B　光电式皮带张力计校准证书内容及内页格式（参考）.....（6）
附录 C　光电式皮带张力计校准结果不确定度评定方法及示例.....（8）

引　言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》等基础性系列规范文件进行制定。

本规范为首次发布。

光电式皮带张力计校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围为(10～600)Hz 的光电式皮带张力计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1156-2006 振动 冲击 转速计量术语及定义

JJF 1216-2009 音波式皮带张力计校准规范

JJF 1219-2009 激光测振仪校准规范

GB/T 2298-2010 机械振动、冲击与状态监测 词汇

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 张力测量值 Tension measured value

通过测量正常工作时皮带的振动频率信号，所得到皮带张力计的张力显示值。

3.2 张力理论值 Tension theoretical value

在设定的皮带单位长度单位宽度的质量、皮带宽度、两皮带轮跨距和皮带振动固有频率的条件下，由皮带张力计理论公式计算所得到的张力。

4 概述

光电式皮带张力计，又叫光波式皮带张力仪，是一种以非接触式光学测振原理测量皮带张力的张力测量仪。光电式皮带张力计通常由光学发射器、接收器和显示器等部分构成。

光电式皮带张力计根据测得的频率，通过以下公式计算皮带张力：

$$T = 4 \times M \times W \times S^2 \times f^2 \qquad (1)$$

式中：T ——皮带张力，N；

M ——皮带单位长度单位宽度的质量，kg/m^2；

W ——皮带宽度， m；

S ——两皮带轮跨距，m；

f ——振动固有频率（基频），Hz。

5 计量特性

5.1　频率示值误差

各频率测量点的示值误差为±2%。

5.2　频率重复性

频率重复性不超过 1%。

5.3　张力示值误差

张力示值误差为±5%。

注：以上指标不是用于合格判定，仅供参考。

6　校准条件

6.1　环境条件

6.1.1　环境温度：（23±5）℃，相对湿度：≤85%。

6.1.2　校准过程中，周围应无影响光电式皮带张力计及其校准系统正常工作的振动、冲击、电磁辐射及强光等。

6.2　测量标准及其他设备

校准过程中，可根据情况选择下述两种设备中的任意一种作为测量标准及其配套设备，所选用标准设备均需有效溯源。

6.2.1　振动测量系统，提供稳定的正弦振动频率，频率最大允许误差优于±0.1%。

6.2.2　转速标准装置，频率最大允许误差优于±0.1%。应配备相应的专用连接件和反光纸。

7　校准项目和校准方法

校准前应进行外观检查，检查内容包括：铭牌、外观、附件等。其外形结构应完好，开关、按键和旋钮等操作灵活可靠，不应有机械损伤。

7.1　校准项目

光电式皮带张力计校准项目见表 1

表 1 光电式皮带张力计校准项目一览表

序号	校准项目	计量特性条款号	校准项目对应的条款号
1	频率示值误差	5.1	7.2.1
2	频率重复性	5.2	7.2.2
3	张力示值误差	5.3	7.2.3

7.2　校准方法

7.2.1　频率示值误差

7.2.1.1　振动测量系统校准法

a）振动测量系统需经过预热并处于稳定的正弦振动状态，测量过程中设置振动频率和振动加速度幅值，在各频率点的振动加速度幅值不低于20m/s^2。

b）调用光电式皮带张力计频率测量界面，将光电式皮带张力计的光学探测头垂直靠近振动台台面，调整至最佳测量距离并测量其振动频率，测量过程中探测头应避免与振动台台面发生接触或碰撞。

c）在张力计工作频率范围内，选取包括上限值、下限值在内不少于6个频率点进行测量，在每一频率点上测量3次。同时记录各校准点张力计的频率示值。

d）每一频率点3次测量结果中的示值误差最大值即为该点的频率示值误差。按公式（2）计算频率示值误差：

$$\delta_{\mathrm{m}} = \frac{f_m - f_1}{f_1} \times 100\,\% \qquad (2)$$

式中：δ_m——光电式皮带张力计的频率示值误差，%；

f_m——光电式皮带张力计的测量值，Hz；

f_1——振动测量系统的振动频率标准值，Hz。

7.2.1.2 转速标准装置校准法

a）转速标准装置须经预热并稳定运行。

b）调用光电式皮带张力计频率测量界面，将光电式皮带张力计的光学探测头垂直靠近反光面，调整至最佳测量距离并测量其转动频率，测量过程中探测头应避免与反光面发生接触或碰撞。

c）在张力计工作频率范围内，选取包括上限值、下限值在内不少于6个频率点进行测量，在每一频率点上测量3次。同时记录张力计的频率示值。

d）每一频率点3次测量结果中的示值误差最大值即为该点的频率示值误差。按公式（3）计算频率示值误差：

$$\delta_{\mathrm{m}} = \frac{f_m - f_2}{f_2} \times 100\,\% \qquad (3)$$

式中：δ_m——光电式皮带张力计的频率示值误差，%；

f_m——光电式皮带张力计的测量值，Hz；

f_2——转速标准装置的转动频率标准值，Hz。

7.2.2 频率重复性

在7.2.1测量结果中选取低、中、高3个频率点，按公式（4）计算频率重复性：

$$r = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{\overline{f}} \times 100\% \qquad (4)$$

式中：r——频率重复性，%；

$f_{\max}$、$f_{\min}$——各点频率 3 次测量中的最大值和最小值，Hz；

$\overline{f}$——各频率点 3 次测量的平均值，Hz。

7.2.3 张力示值误差

选取低、中、高 3 个频率点，根据光电式皮带张力计设置的参数在各频率点处由公式（1）计算得到张力理论值。按 7.2.1 方法测量并记录选取的各频率点的张力测量值，根据公式（5）计算各频率点处张力示值误差：

$$\delta_{\mathrm{T}} = \frac{T_m - T_s}{T_s} \times 100\% \tag{5}$$

式中：δ_{T}——张力示值误差，%；

T_m——张力测量值，N；

T_s——张力理论值，N。

注：建议设置光电式皮带张力计的参数：M=5kg/m^2，W=10mm，S=1000mm.

8 校准结果表达

经校准的光电式皮带张力计出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书内容及内页格式参照附录B。

9 复校时间间隔

建议光电式皮带张力计复校时间间隔不超过12个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

光电式皮带张力计校准原始记录格式（参考）

唯一识别号：

委托单位		环境温度： ℃	环境湿度： %RH
被 校 仪 器		主 标 准 器	
仪器名称		仪器名称	
型号规格		型号规格	出厂编号
出厂编号		测量范围	
制造厂		证书编号	证书有效期
地 址		准确度等级或最大允许误差	
校准技术依据			
校准地点			

1、外观及校准前检查：_____

2、频率示值误差及频率重复性：

标准频率/Hz	频率示值/Hz			频率示值误差/%	频率重复性/%
	1	2	3		
					/
					/
					/

3、张力示值误差：

设定： M=_____kg/m^2, W=_____ m, S=_____ m.

标准频率/Hz	张力理论值 T_s/N	张力测量值 T_m/N	示值误差 δ_T/%

注：校准结果不确定度描述 _____

校准员： 核验员： 校准日期：

附录 B

校准证书内容及内页格式（参考）

B.1 校准证书应包括以下信息：

a）标题：“校准证书”；

b）实验室名称和地址；

c）进行校准的地点；

d）校准证书编号、页码及总页数的标识；

e）客户名称和地址；

f）被校仪器的制造单位、名称、型号及编号；

g）校准单位校准专用章；

h）校准日期；

i）校准所依据的技术规范名称及代号；

j）本次校准主要测量设备名称、型号、准确度等级或不确定度或最大允许误差、仪器编号、证书编号及有效期；

k）校准时的环境温度、相对湿度；

l）校准结果及其测量不确定度；

m）对校准规范偏离的说明（若有）；

n）复校时间间隔的建议；

o）“校准证书”的校准人、核验人、批准人签名及签发日期；

p）校准结果仅对被校仪器本次测量有效的声明；

q）未经实验室书面批准，部分复制证书或报告无效的声明。

B.2　光电式皮带张力计校准证书（内页）格式（参考）

外观及校准前检查：_____

2、频率示值误差及频率重复性：

标准频率/Hz	频率示值/Hz			频率示值误差/%	频率重复性/%
	1	2	3		
					/
					/
					/

3、张力示值误差：

设定：　M=_____kg/m^2，　W=_____ m，　S=_____ m.

标准频率/Hz	张力理论值 T_s/N	张力测量值 T_m/N	示值误差δ_T/%

注 1：校准结果不确定度描述 _____

注 2：建议复校时间间隔_____个月

以下空白

附录 C

光电式皮带张力计校准结果不确定度评定方法及实例

C.1 概述

C.1.1 校准参数：频率示值

C.1.2 校准标准：振动测量系统或者转速标准装置

C.1.3 环境条件：室温（23±5）℃，湿度≤85%RH

C.1.4 校准过程

在规定的校准条件下，将光电式皮带张力计探头垂直靠近振动台台面或者转速标准装置反光面进行测量，每一频率点 3 次测量结果中的示值误差最大值即为该点的频率示值误差。

C.2 测量模型

光电式皮带张力计的频率示值误差由（C.1）给出

$$\delta_{\mathrm{i}}=\frac{f-f_{\mathrm{s}}}{f_{\mathrm{s}}}\times 100\% \qquad (C.1)$$

式中：δ_{i}——第 i 个频率点测得的频率示值误差，%；

f——标准频率为f_{s}时，光电式皮带张力计的测量值，Hz；

f_{s}——选用标准器的频率标准值，Hz。

C.3 灵敏度系数

由公式（C.1）可以导出光电式皮带张力计的频率示值误差的合成标准不确定度:

$$u_c(\delta)=\sqrt{\left[\frac{\partial\delta}{\partial f}\right]^2 u^2(f)+\left[\frac{\partial\delta}{\partial f_s}\right]^2 u^2(f_s)} \qquad (C.2)$$

由于f和f_s彼此独立，

f的灵敏系数 $\quad c_1=\dfrac{\partial\delta}{\partial f}=1$

f_s的灵敏系数 $\quad c_1=\dfrac{\partial\delta}{\partial f_s}=-1$

故公式（C.2）可简化为

$$u_c(\delta)=\sqrt{u^2(f)+u^2(f_s)} \qquad (C.3)$$

C.4 不确定度来源分析

C.4.1 重复测量引入的标准不确定度分量u_1.

C.4.2 振动频率引入的标准不确定度分量u_2

C.4.3　指示器分辨力引入的标准不确定度分量u_3

C.5　测量结果不确定度的评定

C.5.1　重复测量引入的标准不确定度分量u_1，A 类评定。

在不同频率校准点重复测量 n（n≥10）次,重复测量引入的标准不确定度为：

$$u_1 = s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \qquad (C.4)$$

式中：n——重复测量次数；

x_i——第 i 次测量值；

$\bar{x}$——n 次测量值的平均值。

C.5.2　选用标准器引入的标准不确定度分量u_2，B 类评定。

选用标准器引入的标准不确定度根据标准器频率的相对最大允许误差计算：

$$u_2 = \frac{\Delta f}{\sqrt{3}} \qquad (C.5)$$

式中：Δf——选用标准器在某频率校准点的相对最大允许误差，%。

C.5.3　指示器分辨力引入的标准不确定度分量u_3，B 类评定。

指示器分辨力为 r，假设服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，则其标准不确定度u_3为：

$$u_3 = \frac{\mathrm{r}}{2\sqrt{3}} \qquad (C.6)$$

C.5.4　合成标准不确定度的评定

不确定度分量如表 C.1 所示：

表 C.1 标准不确定度分量汇总表

不确定度分量	不确定度来源	评定方法	标准不确定度	灵敏系数
u_1	重复测量	A 类	$s(x)$	1
u_2	标准器	B 类	$\frac{\Delta f}{\sqrt{3}}$	-1
u_3	指示器分辨力	B 类	$\frac{\mathrm{r}}{2\sqrt{3}}$	1

则合成标准不确定度按式（C.7）计算：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} \qquad (C.7)$$

C.5.5　扩展不确定度的评定

取包含因子 k=2，则各频率校准点处的扩展不确定度按式（C.8）计算：

$$U = k \times u_c = 2 \times u_c \qquad (C.8)$$

C.6　测量不确定度评定实例

C.6.1　选用振动测量系统校准

C.6.1.1　对光电式皮带张力计进行校准，表 C.2 中列出了不同频率校准点 10 次测量结果。

表 C.2 不同频率校准点 10 次测量结果表

校准点/Hz		10	30	50	70	100	200	300	400	500	600
测量次数	1	10.0	30.0	50.0	69.9	100	200	300	401	500	599
	2	10.0	30.0	49.9	70.0	99.8	200	300	400	499	598
	3	10.0	30.0	50.0	70.0	100	199	299	399	499	600
	4	10.0	30.0	50.0	69.9	99.9	200	299	399	499	600
	5	10.0	30.0	50.0	70.0	99.9	200	300	399	500	602
	6	10.0	29.9	50.0	70.0	100	200	300	400	501	600
	7	10.0	29.9	49.9	70.0	100	201	300	400	500	598
	8	10.0	30.0	50.0	69.9	100	200	299	400	499	600
	9	10.0	30.0	50.0	70.0	99.9	199	299	399	500	601
	10	10.0	30.0	50.0	69.9	100	200	300	400	500	600
$s(x)$		0.0	0.042	0.042	0.052	0.071	0.568	0.516	0.675	0.675	1.229
u_1/%		0.0	0.14	0.08	0.07	0.07	0.28	0.17	0.17	0.14	0.20

C.6.1.2　不确定度分量的计算

根据选用标准器频率允许误差的技术要求和公式（C.5）计算出不确定度分量u_2；指示器分辨力为 0.1Hz(f<100Hz)和 1Hz(f≥100 Hz),根据公式（C.6）计算出不确定度分量u_3，不确定度汇总表见表 C.3

表 C.3 不确定度分量、合成不确定度汇总表

校准点/Hz	u_1/%	u_2/%	u_3/%	u_c/%
10	0.0	0.058	0.29	0.30
30	0.14	0.058	0.097	0.18
50	0.08	0.058	0.058	0.11
70	0.07	0.058	0.041	0.10
100	0.07	0.058	0.29	0.30

200	0.28	0.058	0.14	0.32
300	0.17	0.058	0.096	0.20
400	0.17	0.058	0.072	0.19
500	0.14	0.058	0.058	0.16
600	0.20	0.058	0.048	0.21

C.6.1.3　扩展不确定度的计算

取包含因子 k=2，各频率校准点测量值的扩展不确定度按公式（C.8）计算，结果如表 C.4 所示。

表 C.4 各频率校准点测量值的扩展不确定度汇总表

校准点/Hz	U/%（k=2）
10	0.60
30	0.36
50	0.22
70	0.20
100	0.60
200	0.64
300	0.40
400	0.38
500	0.32
600	0.42

C.6.2　选用转速标准装置校准

C.6.2.1　对光电式皮带张力计进行校准，表 C.5 中列出了不同频率校准点 10 次测量结果。

表 C.5 不同频率校准点 10 次测量结果表

校准点/Hz		10	30	50	70	100	200	300	400	500	600
测量次数	1	10.0	30.0	50.0	70.0	100	200	300	400	500	599
	2	10.0	30.0	49.9	69.9	99.9	200	300	400	499	599
	3	10.0	29.9	50.0	70.0	100	199	299	399	499	600
	4	10.0	30.0	50.0	69.9	100	200	299	399	499	600
	5	10.0	30.0	50.0	70.0	99.9	199	300	399	500	600
	6	10.0	29.9	50.0	69.9	100	200	300	400	500	600

	7	10.0	30.0	49.9	70.0	99.9	199	300	400	500	599
	8	10.0	30.0	50.0	69.9	100	200	299	400	499	600
	9	10.0	30.0	50.0	70.0	99.9	199	299	399	500	600
	10	10.0	30.0	50.0	70.0	100	200	300	400	500	600
$s(x)$		0.0	0.042	0.042	0.052	0.052	0.516	0.516	0.516	0.516	0.483
u_1/%		0.0	0.14	0.08	0.07	0.05	0.26	0.17	0.13	0.10	0.08

C.6.2.2　不确定度分量的计算

根据选用标准器频率允许误差的技术要求和公式（C.5）计算出不确定度分量u_2；指示器分辨力为0.1Hz(f<100Hz)和1Hz(f≥100 Hz),根据公式（C.6）计算出不确定度分量u_3，不确定度汇总表见表C.6

表C.6 不确定度分量、合成不确定度汇总表

校准点/Hz	u_1/%	u_2/%	u_3/%	u_c/%
10	0.0	0.058	0.29	0.30
30	0.14	0.058	0.097	0.18
50	0.08	0.058	0.058	0.11
70	0.07	0.058	0.041	0.10
100	0.05	0.058	0.29	0.30
200	0.26	0.058	0.14	0.30
300	0.17	0.058	0.096	0.20
400	0.13	0.058	0.072	0.17
500	0.10	0.058	0.058	0.13
600	0.08	0.058	0.048	0.11

C.6.2.3　扩展不确定度的计算

取包含因子k=2，各频率点测量值的扩展不确定度按公式（C.8）计算，结果如表C.7所示。

表C.7 各频率校准点测量值的扩展不确定度汇总表

校准点/Hz	U/%（k=2）
10	0.60
30	0.36
50	0.22
70	0.20

100	0.60
200	0.60
300	0.40
400	0.34
500	0.26
600	0.22