



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-202X

锚下有效预应力检测仪校准规范

Calibration Specification of effective prestress detector under anchor

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

锚下有效预应力检测仪校准规范

JJF XXXX-202X

Calibration Specification of effective
prestress detector under anchor

归口单位：全国公路专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部公路科学研究所

参加起草单位：北京公科固桥技术有限公司

西南石油大学

本规范委托全国公路专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

郭鸿博（交通运输部公路科学研究所）

周毅姝（交通运输部公路科学研究所）

刘璐（交通运输部公路科学研究所）

张金凝（交通运输部公路科学研究所）

参加起草人：

刘倡（北京公科固桥技术有限公司）

吴佳晔（西南石油大学）

王鹏飞（交通运输部公路科学研究所）

目 录

引言	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语.....	(1)
4 概述.....	(2)
5 计量特性.....	(2)
6 校准条件.....	(3)
7 校准项目和校准方法.....	(3)
8 校准结果.....	(7)
9 复校时间间隔.....	(7)
附录 A 锚下有效预应力检测仪校准记录表式样	(8)
附录 B 锚下有效预应力检测仪校准证书信息及内页式样	(10)
附录 C 锚下有效预应力检测仪校准结果不确定度评定示例	(11)

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

锚下有效预应力检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于锚下有效预应力检测仪（以下简称预应力检测仪）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

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）适应于本规程规范。

3 术语

引用文件中相关术语适用于本规范。

3.1 预应力测量误差

预应力检测仪在检测锚下有效预应力的过程中，预应力检测仪测得的有效预应力值与标准测力仪测得的有效预应力值的偏差程度。

3.2 预应力测量重复性

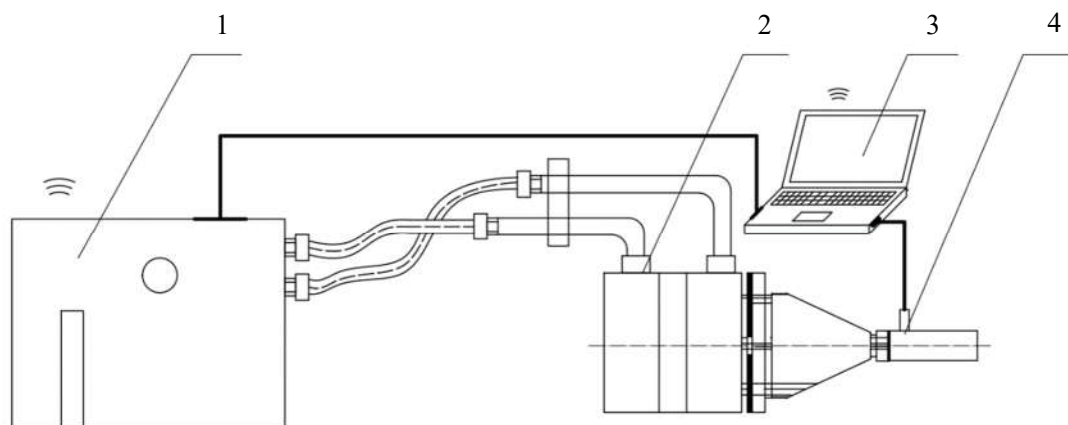
在相同测量条件下，预应力检测仪对同一被测量对象进行连续多次测量所得结果之间的一致性。

4 概述

预应力检测仪是用于后张法锚下有效预应力检测的仪器。

预应力检测仪其工作原理是利用预应力筋受反拉力作用所产生的弹性形变，通过数据采集系统采集压力变化，应用配套软件分析得到锚下有效预应力值。

预应力检测仪一般由计算机软件系统、测力传感器系统、液压泵站及千斤顶几大部分组成，如图 1 所示。



标引序号说明：

- 1——液压系统； 3——计算机软件系统；
2——千斤顶； 4——测力传感器系统。

图 1 预应力检测仪结构示意图

5 计量特性

5.1 预应力检测仪示值误差

预应力检测仪示值回零误差、示值误差应符合表 1 的规定。

表 1 示值

示值回零误差	示值最大允许误差
$\pm 0.5\%FS$	$\pm 1.0\%FS$

5.2 预应力检测仪测量误差

预应力检测仪预应力测量最大允许误差为 $\pm 1.5\%FS$ 。

5.3 预应力检测仪测量重复性

预应力检测仪预应力测量重复性优于 $1.0\%FS$ 。

6 校准条件

6.1 环境条件

- a) 环境温度为 $23^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ ，湿度不大于 $85\%RH$ 。
- b) 校准应在无影响正常工作的振动，并有一定防护措施的室内进行。

6.2 校准器

- a) 标准测力仪系统：量程不小于 $300kN$ ，准确度等级不低于 0.3 级。
- b) 预应力检测仪校准平台：

校准平台长度不小于 $5.5m$ ，应有足够的强度、刚度和稳定性，校准平台在承

受 300kN 轴向压力时，最大变形量不超过 0.1mm，其中所配钢绞线公称直径为 15.24mm，公称抗拉强度为 1860MPa，所用锚夹具应为同一厂家生产的配套产品。

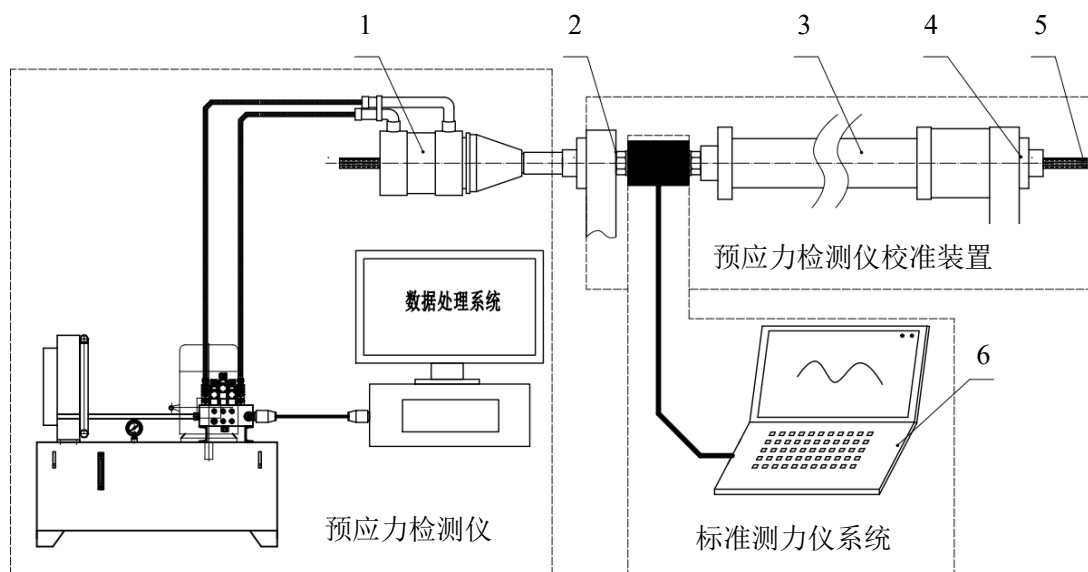
7 校准项目和校准方法

7.1 示值回零误差和示值误差

预应力检测仪的示值包括示值回零误差和示值误差，校准步骤如下：

a) 按使用说明书要求检查预应力检测仪校准装置、预应力检测仪和标准测力仪系统；

b) 按图 2 方式安装预应力检测仪和标准测力仪系统，确保预应力检测仪前端测力部分和标准测力仪与预应力检测仪校准平台中的钢绞线同轴对中；



标引序号说明：

- | | |
|--------------|------------|
| 1—预应力检测仪； | 4—锚具组件； |
| 2—标准测力仪固定组件； | 5—钢绞线； |
| 3—反力架； | 6—标准测力仪系统。 |

图 2 预应力检测仪校准平台示意图

c) 根据预应力检测仪的量程，从零点开始，设置 5 个不同的停顿点，然后实施逐级累计加载，每个停顿点停留 30s，记录各个停顿点的标准测力仪系统示值和预应力检测仪示值，重复进行 3 次；

d) 将标准测力仪系统示值与预应力检测仪示值进行比对，按公式 (1) 和公式 (2) 计算预应力检测仪的示值回零误差、示值误差，分别取测量最大值作为示值回零误差、示值误差的测量结果。

示值回零误差：

$$f'_{0i} = \frac{F_{0j}}{F_N} \times 100\% \quad (1)$$

示值误差:

$$q_i = \frac{\bar{F}_i - \bar{F}_{ib}}{F_N} \times 100\% \quad (2)$$

其中:

F_{0j} —卸除试验力后检测仪的示值;

F_N —检测仪的最大量程值;

\bar{F}_{ib} —第*i*校准点上的*n*次测量标准测力仪对应的平均值;

\bar{F}_i —第*i*校准点上的*n*次测量之后的平均值。

7.2 预应力检测仪的测量误差和测量重复性

预应力检测仪的测量误差和测量重复性校准步骤如下:

- a) 按使用说明书要求检查预应力检测仪校准装置、预应力检测仪和标准测力仪系统;
- b) 按图 3 方式安装预应力检测仪和标准测力仪系统, 确保预应力检测仪前端测力部分和标准测力仪与预应力检测仪检测校准平台同轴对中;
- c) 根据预应力检测仪量程及现场常用测试范围, 设定 3 个校准点(推荐 140kN、160kN、180 kN, 每级的偏差控制在 $\pm 5\text{kN}$ 内);
- d) 运行校准装置, 将钢绞线张拉至所需校准点力值, 并保持稳定。记录标准测力系统示值 X_{ib} ;
- e) 使用待校准的预应力检测仪对张拉至所需校准点力值的钢绞线进行测试, 并记录预应力检测仪的测量结果 X_i ;
- f) 根据校准点需要的力值, 由小到大, 重复 d)、e) 步骤, 完成各校准点的测试;
- g) 将标准测力仪系统与预应力检测仪预应力检测值进行比对, 按公式 (3) 计算有效预应力检测仪测量误差;
- h) 取 3 个校准点的任意 1 个点重复测量 3 次, 记录此校准点的预应力检测仪预应示值, 按公式 (4) 计算有效预应力检测仪测量重复性。

测量误差:

$$Q = \frac{X_i - X_{ib}}{F_N} \times 100\% \quad (3)$$

测量重复性:

$$B = \frac{X_{imax} - X_{imin}}{X_{ib} \times R} \times 100\% \quad (4)$$

其中:

X_{ib} —校准装置将钢绞线张拉至第 i 个校准点所需力值后, 标准测力系统的示值;

X_i —待校准预应力检测仪在第 i 个校准点的测试值;

X_{imax} , X_{imin} —待校准预应力检测仪 i 校准点测量的最大值与最小值;

R —极差系数, $C=1.69$ 。

8 校准结果

8.1 校准记录

预应力检测仪的校准记录应信息齐全、内容完整, 校准记录式样见附录 A。

8.2 校准报告或证书

预应力检测仪的校准结果以校准报告或校准证书的形式表达, 校准结果内页式样见附录 B。

8.3 校准结果不确定度评定

预应力检测仪校准结果的不确定度评定按照 JJF1059.1 进行, 不确定度评定示例见附录 C。

9 复校时间间隔

预应力检测仪的复校时间间隔建议为 6 个月。由于复校时间间隔的长短是由预应力检测仪的使用情况、使用者等诸因素所决定的, 因此, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

锚下有效预应力检测仪校准记录表式样

A.1 锚下有效预应力检测仪校准记录表首页

锚下有效预应力检测仪校准记录表首页式样见表 A.1。

表 A.1 记录表首页

表格编号：

第 页，共 页

样品名称		样品编号		
型号规格		出厂编号		
制造单位				
校准依据		校准地点		
校准前样品状态		校准后样品状态		
校准环境	温度：_____ °C 湿度：_____ %RH			
所用测量标准或主要设备	名称	编号	主要技术参数	溯源证书有效期
	使用前情况		使用后情况	
备注				

A.2 锚下有效预应力检测仪校准记录表内页

锚下有效预应力检测仪校准记录表内页式样见表 A.2。

表格编号：

第 页，共 页

序号	校准项目	校准结果							
1	锚下有效 预应力检 测仪示值 回零误差	示值							
		1		2		3			
		示值回零最大误差							
2	锚下有效 预应力检 测仪示值 误差	校准点	标准值 (kN)			测量值 (kN)			误差
			1	2	3	1	2	3	
		校准点 1							
		校准点 2							
		校准点 3							
		校准点 4							
		校准点 5							
锚下有效预应力检测仪示值最大误差									
3	锚下有效 预应力检 测仪测量 误差		标准值 (kN)			测量值 (kN)		误差	
		校准点 1							
		校准点 2							
		校准点 3							
锚下有效预应力检测仪测量最大误差									
4	锚下有效 预应力检 测仪测量 重复性	测量值 (kN)						重复性	

校准人：

核验人：

校准时间：

附录 B

锚下有效预应力检测仪校准证书信息及内页式样

B.1 校准证书信息

锚下有效预应力检测仪校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 校准实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书编号、页码及总页数；
- e) 委托单位的名称和地址；
- f) 被校准仪器的信息；
- g) 进行校准的日期。如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 校准所依据的技术规范名称和代号；
- i) 所用测量标准或主要设备的名称、编号、主要技术参数及溯源证书有效期；
- j) 校准时的环境条件；
- k) 校准结果及测量不确定度的说明；
- l) 校准报告批准人的签名或识别；
- m) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- n) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明；
- o) 如可获得，任何调整或修理前后的结果；
- p) 相关时，与要求或规范的符合性声明；
- q) 已与客户达成协议时，给出复校时间间隔的建议。

B.2 锚下有效预应力检测仪校准结果内页式样见表 B.1。

表 B.1 锚下有效预应力检测仪校准结果

表格编号：

第 页，共 页

序号	校准项目	校准结果							
1	锚下有效预应力检测仪示值回零误差	1	2	3	误差				
2	锚下有效预应力检测仪示值误差	校准点	标准值 (kN)			测量值 (kN)			误差
			1	2	3	1	2	3	
		校准点 1							
		校准点 2							
		校准点 3							
		校准点 4							
		校准点 5							
锚下有效预应力检测仪示值最大误差									
3	锚下有效预应力检测仪测量误差		标准值 (kN)			测量值 (kN)		误差	
		校准点 1							
		校准点 2							
		校准点 3							
预应力检测仪检测最大误差									
4	锚下有效预应力检测仪测量重复性	测量值 (kN)						重复性	
校准结果的不确定度描述									

校准人：

核验人：

校准时间：

附录 C

锚下有效预应力检测仪校准结果不确定度评定示例

C.1 概述

本附录对锚下有效预应力检测仪测量结果的不确定度评定分别进行示例分析。

C.2 测量方法

在最大量程 300kN 的压力机下用标准力值传感器系统校准预应力检测仪的力值，标准力值传感器系统输出的标准力值与锚下有效预应力检测仪输出的力值的差值作为测量结果，以 20% 的测量点为例，进行不确定度评定。标准力值传感器的示值为 50kN。

C.3 测量模型

预应力检测仪的测量模型如下：

$$\Delta = \bar{F}_i - F$$

式中：

Δ —— 预应力检测仪的示值误差，kN；

\bar{F}_i —— 预应力检测仪输出力值的平均值，kN；

F —— 预应力标准力值传感器系统输出的标准力值，kN。

C.4 不确定度来源

影响 Δ 的不确定度来源主要有：

- a) 被检设备测量重复性引入的不确定度；
- b) 标准器（标准测量装置）引入的不确定度。

C.5 被检设备测量重复性引入的不确定度 u_1

1) 选取常规被检设备，重复性条件下进行一组（10 次）测量，所得数据见表 1。

表1 设备测量重复性记录

单位: kN

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
\bar{F}_i	50.83	50.66	50.25	50.53	50.72	50.70	50.55	50.50	50.70	50.63

根据式 2 和 3 分别计算平均值 \bar{F} 及标准偏差 S_F , 如表 2 所示。

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{F}_i$$

$$S_F = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{F}_i - \bar{F})^2}{n-1}}$$

重复测量引入的不确定度:

$$u_1 = \frac{S_F}{\sqrt{N}}$$

表2 平均值及标准差汇总表

\bar{F}	S_F	u_1
50.16	0.16	0.10kN

2) 被检设备指示器分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

采用 B 类方法进行评定, 指示器分辨力为 0.01 kN, 服从均匀分布,

$$u_2 = \frac{0.01}{2 \times \sqrt{3}} = 0.003 \text{ kN}$$

由指示器分辨力引入的标准不确定度小于测量重复性引入的标准不确定度, 取大者, 故 u_2 可忽略。

C.6 标准器 (标准测量装置) 引入的不确定度 u_0

标准器准确度等级不低于 0.3 级, 根据标准压力传感器系统的校准证书, 标准压力传感器系统的扩展不确定度为

$$U_r = 0.2\%, k = 2$$

满足校准规范的要求。

标准不确定度 u_0 :

$$u_0 = \frac{50 \text{ kN} \times 0.3\%}{\sqrt{3}} = 0.10 \text{ kN}$$

C.7 合成标准不确定度的计算

1) 不确定度分量的汇总

预应力检测仪校准结果的不确定度分量汇总见表 3 所示。

表 3 不确定度分量汇总表

序号	不确定度来源	不确定度分量	类别	分布	灵敏度系数
1	被检设备测量重复性引入的不确定度	$u_1 = 0.10\text{kN}$	A	/	1
2	标准压力传感器系统引入的不确定度	$u_0 = 0.10\text{kN}$	B	均匀	1

2) 不确定度的合成

合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_0^2 + u_1^2}$$

计算得： $u_c = 0.07\text{kN}$ 。

C.8 扩展不确定度

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.15 = 0.3\text{kN}$$

所以，预应力检测仪 50kN 压力校准点测量结果的不确定度

$$U = 0.3\text{kN}, k = 2$$

相对扩展不确定度为：

$$Ur = 0.6\%, k = 2$$