



# 中华人民共和国交通运输部部门计量检定规程

JJG (交通) 037—XXXX

## 水运工程 钢弦式锚杆测力计

Water Transport Engineering—Vibrating Wire Anchor Rod Stress Gauge

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

# 钢弦式锚杆测力计检定规程

Verification Regulation of Water Transport

Engineering Vibrating Wire Anchor Rod Stress Gauge

JJG(交通)037-XXXX  
代替 JJG(交通)037-2004

本检定规程经中华人民共和国交通运输部于 XXXX 年 XX 月 XX 日批准，  
并自 XXXX 年 XX 月 XX 日起实施。

归口单位：交通行业计量技术委员会

主要起草单位：交通运输部天津水运工程科学研究院  
南京水利科学研究院

本规程委托交通运输部天津水运工程科学研究院负责解释

**本规程主要起草人：**

曹玉芬 （交通运输部天津水运工程科学研究院）

刘玉峰 （南京水利科学研究院）

窦春晖 （交通运输部天津水运工程科学研究院）

**参加起草人：**

赵 晖 （交通运输部天津水运工程科学研究院）

吴晓雪 （交通运输部天津水运工程科学研究院）

# 目 录

引言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 分辨力	(2)
5.2 滞后	(2)
5.3 重复性	(2)
5.4 线性度	(2)
5.5 综合误差	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观	(2)
6.2 铭牌	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(2)
7.2 检定项目	(3)
7.3 检定方法	(3)
7.4 检定结果处理	(6)
附录 A 钢弦式锚杆测力计计量检定记录	(8)
附录 B 检定合格证书背面格式	(9)
附录 C 检定结果通知书背面格式	(10)

# 引 言

JJG(交通) 037-XXXX的编写符合JJF1002-2010《国家计量检定规程编写规则》的相关要求。

JJG(交通)037-XXXX自实施之日起代替JJG(交通)037-2004《水运工程 钢弦式锚杆测力计》。

与JJG(交通) 037-2004相比,除编辑修改外,JJG(交通) 037-XXXX主要技术变化如下:

- 增加了引言的内容;
- 增加了术语的内容(见3);
- 增加了“使用中检查”(见1、7、7.2);
- 修改了性能参数中的分辨力(见5.1);
- 删除了5.3产品合格证书的内容;
- 增加了相对湿度要求(见7.1.1.2);
- 修改了主要试验设备(见7.1.2);
- 增加了分辨力试验方法、分辨力及有关参数的计算方法,删除了原附录B中的有关内容(见7.3.2);
- 修改了性能参数试验步骤中的表述(见7.3.3.1);
- 修改了钢弦式锚杆测力计承受拉应力(压应力)的计算公式,增加了传感器系数和其他性能参数的计算公式,删除了原附录B的有关内容。(7.3.3.2);
- 修改了检定证书内页格式(见附录B);
- 修改了检定结果通知书内页格式(见附录C)。

JJG(交通) 037-2004的历次版本发布情况为:

- JJG(交通) 037-2004为首次发布。

# 水运工程 钢弦式锚杆测力计检定规程

## 1 范围

本规程适用于钢弦式锚杆测力计的首次检定、后续检定和使用中检查。

## 2 引用文件

本规程引用下列文件：

- GB/T 13606-92 岩土工程用钢弦式压力传感器
- JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示
- JT/T 583 水运工程 钢弦式锚杆测力计

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

## 3 术语

JT/T 583 界定的术语和定义适用于本规程。

## 4 概述

钢弦式锚杆测力计是一种长期检测岩石高边坡和地下围岩内部锚杆应力的传感器。  
钢弦式锚杆计由锚杆、应力套、线圈、钢弦及专用电缆组成，其结构示意图见图 1。  
当锚杆测力计的应力套受到拉力或压力时，引起锚杆测力计内部钢弦的张力发生变化，导致钢弦自振频率也发生变化，由二次仪表通过线圈对钢弦激振并接受其自振频率信号，便可求得作用在锚杆上的应力。其工作原理示意图见图 2。

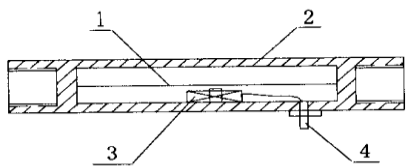


图1 钢弦式锚杆测力计结构示意图  
1—钢弦；2—应力套；3—电缆；4—线圈

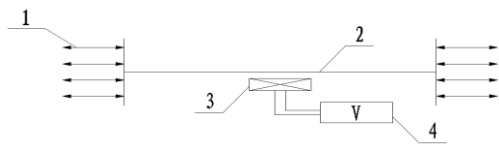


图2 钢弦式锚杆测力计工作原理示意图  
1—拉（压）力；2—钢弦；3—线圈；4—激振电压

## 5 计量性能要求

### 5.1 分辨力

钢弦式锚杆测力计的分辨力  $r$  应符合表 1 中的规定。

表 1 锚杆测力计的分辨力  $r$ 

锚杆直径, mm	16	18	20	22	25	28	32	36	40
拉力, kN	40	50	60	80	100	100	160	200	250
压力, kN	-20	-25	-30	-40	-50	-50	-80	-100	-130
分辨力, %F S	≤0.10			≤0.05					
注: F S 表示满量程测值 (下同)。									

## 5.2 滞后

钢弦式锚杆测力计的滞后  $a'$  应不大于  $\pm 1\% F S$ 。

## 5.3 重复性

钢弦式锚杆测力计的重复性  $a''$  应不大于  $\pm 0.5\% F S$ 。

## 5.4 线性度

钢弦式锚杆测力计的线性度  $L$  应不大于  $\pm 2\% F S$ 。

## 5.5 综合误差

钢弦式锚杆测力计的综合误差  $\epsilon_c$  应不大于  $\pm 2.5\% F S$ 。

# 6 通用技术要求

## 6.1 外观

锚杆测力计各部分应连接牢固, 其表面应防腐处理后应无锈斑及裂痕, 引出的电缆、护套应无损伤。

## 6.2 铭牌

锚杆测力计应在其显著部位标明其型号、名称、生产厂家、出厂编号及日期等内容。

# 7 计量器具控制

计量器具控制均适用于首次检定、后续检定和使用中检查。

## 7.1 检定条件

### 7.1.1 参比工作条件

7.1.1.1 温度为  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

7.1.1.2 相对湿度为  $\leq 85\%$ 。

7.1.1.3 大气压力为  $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

7.1.1.4 应在周围无影响测量的机械振动、冲击、电磁干扰等环境下进行检定。

### 7.1.2 检定设备

7.1.2.1 准确度等级为 1 级的  $600\text{ kN}$  万能材料试验机;

7.1.2.2  $100\text{ V}$  绝缘电阻表;

7.1.2.3 分辨力为  $0.01\text{ Hz}$  的钢弦频率测定仪;

7.1.2.4 示波器。

## 7.2 检定项目

锚杆测力计的检定项目、类别和方法见表 2。

表 2 检定项目一览表

检定项目	检定方法	检定类别		
		首次检定	后续检定	使用中检查
外观	7.3.1	+	+	+
分辨力	7.3.2	+	+	+
滞后	7.3.3	+	+	-
重复性	7.3.3	+	+	-
线性度	7.3.3	+	+	-
综合误差	7.3.3	+	+	+
注：“+”表示应检定，“-”表示可以不检定。				

7.3 检定方法

7.3.1 外观

用目测进行外观检验。

7.3.2 分辨力

7.3.2.1 试验步骤

- a) 在参比工作条件下，钢弦式锚杆测力计预先放置24h以上；
- b) 将钢弦式锚杆测力计安装在万能材料试验机上，静置20min，然后进行正式试验；
- c) 测量零压力（拉力）状态下的输出频率值,然后按0.01% 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或拉力值（最小启动压力或拉力）和对应的输出频率值。

7.3.2.2 计算方法

$$f_n = f_0 - f_{nr}$$
 (1)

式中:

- $f_n$ ——额定输出频率，Hz；
- $f_0$ ——零点拉力（压力）输出频率，Hz；
- $f_{nr}$ ——加载至满量程拉力（压力）时输出的频率值，Hz。

$$r = \frac{1}{f_n} \times 100\% F \cdot S$$
 (2)

式中:

- $r$ ——分辨力，%；
- $f_n$ ——额定输出频率，Hz。

7.3.3 其他参数

7.3.3.1 试验步骤

- a) 在参比工作条件下，钢弦式锚杆测力计预先放置24h以上；
- b) 将钢弦式锚杆测力计安装在万能材料试验机上，静置20min，然后进行正式试验；



- c) 按量测范围取相隔两点间拉力（压力）增量为10% F S，逐级加荷至满量程拉力（压力）值。每级拉力（压力）至少保持1min后再读取输出频率值；
- d) 加荷到满量程拉力（压力）值后，按c)的方法逐级卸荷至零点拉力（压力），并读取输出频率值；
- e) 退回零点拉力（压力）值后，保持3min，读取零点拉力（压力）输出频率值；
- f) 检定记录表格式见附录A。

### 7.3.3.2 计算方法

- a) 钢弦式锚杆测力计所承受拉力（或压力） $P$  的计算

$$P_i = k\{f_0^2 - [f_i^2 + B(T_0 - T_i)]\} \quad (3)$$

由于试验时  $T_0 = T_i$  所以：

$$P_i = k(f_0^2 - f_i^2) \quad (4)$$

式中：

$P_i$ —— $i$ 时刻钢弦式锚杆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），kN；

$k$ ——传感器系数，kN/Hz<sup>2</sup>；

$f_0$ ——零点拉力（压力）输出频率，Hz；

$f_i$ ——对应于  $P_i$  的输出频率，Hz；

$B$ ——传感器温度影响系数，Hz<sup>2</sup>/°C；

$T_0$ ——传感器标定时温度，°C；

$T_i$ ——传感器观测时环境温度，°C；

- b) 钢弦式锚杆测力计传感器系数  $k$  的计算

$$k_i = P_i / \{f_0^2 - [f_i^2 + B(T_0 - T_i)]\} \quad (5)$$

由于试验时  $T_0 = T_i$  所以：

$$k_i = P_i / (f_0^2 - f_i^2) \quad (6)$$

$$k = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m k_i \quad (7)$$

式中：

$k_i$ ——对应于  $P_i$  时的钢弦式锚杆测力计系数，kN/Hz<sup>2</sup>。

c) 滞后  $a'$ 、重复度  $a''$ 、线性度  $L$  和综合误差  $\varepsilon_C$  的计算

根据 7.3.3.1 的试验步骤获得的数据, 绘制校核曲线示意图 (见图 3), 计算滞后  $a'$ 、重复度  $a''$ 、线性度  $L$  和综合误差  $\varepsilon_C$ 。其工作直线采用最小二乘法, 即:

$$N = a + bP_i \quad (8)$$

$$N = f_0^2 - f_i^2 \quad (9)$$

式中:

$N$ ——输出频率的平方差;

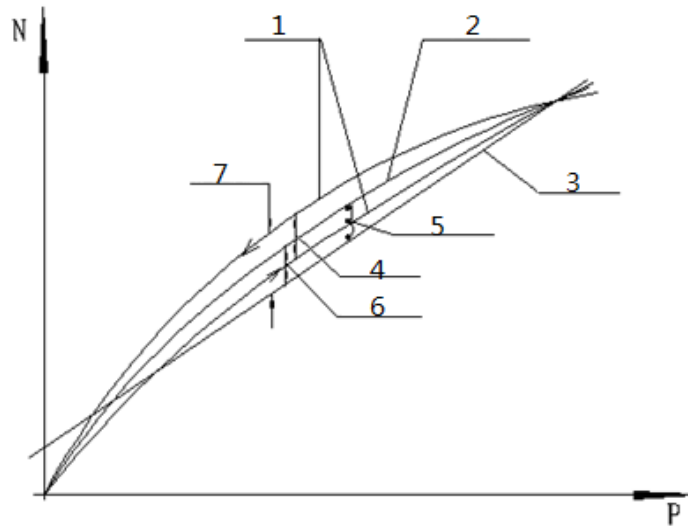
$a$ ——最小二乘法直线的截距;

$b$ ——最小二乘法直线的斜率;

$P_i$ —— $i$  时刻作用在承受膜上的压力, kN;

$f_0$ ——零点压力输出频率, Hz;

$f_i$ ——对应于  $p_i$  的输出频率, Hz。



- |           |                     |                      |
|-----------|---------------------|----------------------|
| 1——校核曲线   | 4——滞后 $\Delta f_H$  | 6——线性度 $\Delta f_L$  |
| 2——平均校核曲线 | 5——重复度 $\Delta f_R$ | 7——综合误差 $\Delta f_C$ |
| 3——工作直线   |                     |                      |

图3 校准曲线示意图

c.1) 滞后  $a'$  的计算

$$a' = \frac{\Delta f_H}{F} \times 100\% F \cdot S \quad (10)$$

式中:

$\Delta f_H$ ——回程平均校准曲线与进程平均校准曲线, 拉力(压力)相同测

试点输出偏差最大值, Hz。

$F$ ——零点压力输出频率与满量程拉力(压力)时输出频率的平方差,  $\text{Hz}^2$ 。

$$F = f_0^2 - f_{nr}^2 \quad (11)$$

式中:

$f_0$ ——零点压力输出频率, Hz;

$f_{nr}$ ——满量程压力时输出频率, Hz。

c.2) 重复度 $a''$ 的计算

$$a'' = \frac{\Delta f_R}{F} \times 100\% F \cdot S \quad (12)$$

式中:

$\Delta f_R$ ——进程和回程重复校准时, 各测试点输出偏差的最大值, Hz;

$F$ ——零点压力输出频率与满量程拉力(压力)时输出频率的平方差,  $\text{Hz}^2$ 。

c.3) 线性度 $L$ 的计算

$$L = \frac{\Delta f_L}{F} \times 100\% F \cdot S \quad (13)$$

式中:

$\Delta f_L$ ——平均校准曲线与工作直线偏差的最大值, Hz;

$F$ ——零点压力输出频率与满量程拉力(压力)时输出频率的平方差,  $\text{Hz}^2$ 。

c.4) 综合误差 $\varepsilon_c$ 的计算

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta f_c}{F} \times 100\% F \cdot S \quad (14)$$

式中:

$\Delta f_c$ ——进程平均校准曲线和回程平均校准曲线二者与工作曲线偏差的最大值, Hz;

$F$ ——零点压力输出频率与满量程拉力(压力)时输出频率的平方差,  $\text{Hz}^2$ 。

其滞后 $a'$ 、重复度 $a''$ 、线性度 $L$ 和综合误差 $\varepsilon_c$ 的检定结果应符合5.2、5.3、5.4、5.5的规定。

## 7.4 检定结果处理

经检定符合本规程要求的锚杆测力计, 出具检定合格证书; 不符合本规程要求的锚杆

测力计，应发给检定结果通知书，并注明其不合格项目。检定证书和检定结果通知书的背面格式见附录 B、附录 C。

## 附录 A

钢弦式锚杆测力计计量检定记录

仪器编号		规格		制造日期		出厂日期	
生产单位				送检单位			
检定单位				检定日期		证书号	
$f_n$ _____ $f_0$ _____ $f_n$ _____ $k$ _____ $r$ _____ $L$ _____ $a'$ _____ $a''$ _____ $\varepsilon_c$ _____							
荷载	加荷示值			卸荷示值			
0							
1×10%FS							
2×10%FS							
3×10%FS							
4×10%FS							
5×10%FS							
6×10%FS							
7×10%FS							
8×10%FS							
9×10%FS							
10×10%FS							
计 算 栏							

室温：

气压：

湿度：

检定者：

核验者：

计算者：

附录 B

检定证书第 X 页

证书编号XXXXXXXX-XXXX

检 定 结 果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	外观		
2	分辨力		
3	滞后		
4	重复性		
5	线性度		
6	综合误差		

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“XXXXXX”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权, 不得部分复印本证书。

以下空白

附录 C

检定结果通知书第 X 页

证书编号 XXXXXX-XXXX

检 定 结 果

序号	不合格项目	技术要求	合格判断
1			
2			
3			
4			
5			
6			

注:

- 1 本报告检定结果仅对该计量器具有效;
- 2 本证书未加盖“XXXXXX”无效;
- 3 下次检定时请携带(出示)此证书。

未经授权, 不得部分复印本证书。

附加说明

说明检定结果不合格项

以下空白

