

**土压力测量系统
检定规程**

JJG(交通) 154—2020

**Verification Regulation of
Earth Pressure Measuring System**

归口单位:全国水运专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位:交通运输部天津水运工程科学研究所
交通运输部公路科学研究所
国家水运工程检测设备计量站

参加起草单位:天津大学

本规程由全国水运专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

赵 晖(交通运输部天津水运工程科学研究所)
周毅姝(交通运输部公路科学研究所)
曹玉芬(交通运输部天津水运工程科学研究所)
窦春晖(国家水运工程检测设备计量站)

参加起草人：

周振杰(国家水运工程检测设备计量站)
曹媛媛(交通运输部天津水运工程科学研究所)
吴晓雪(国家水运工程检测设备计量站)
李一博(天津大学)

目 录

引言	II
1 范围	1
2 概述	1
3 计量性能要求	1
4 通用技术要求	2
5 计量器具控制	2
附录 A 土压力测量系统检定记录表格式	6
附录 B 土压力测量系统检定证书内页格式	8
附录 C 土压力测量系统检定结果通知书内页格式	10

引 言

本规程依据 JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》编写。

土压力测量系统检定规程

1 范围

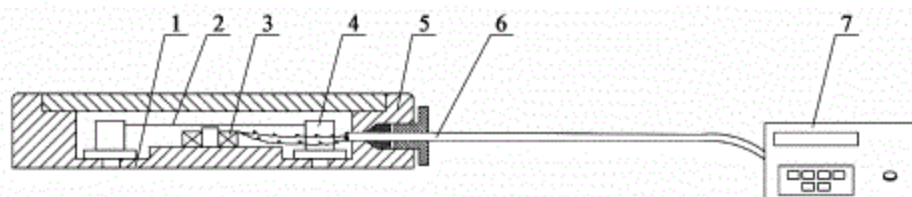
本规程适用于振弦式土压力测量系统的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 概述

土压力测量系统用于长期监测边坡、路基、土石坝、土堤等构筑物内部土体的压力,了解被测构筑物内部土压力变化量。

土压力测量系统由土压力计、频率读数仪组成,其中土压力计由承压膜、振弦、线圈、支架、壳体、屏蔽电缆组成,土压力测量系统结构示意图见图1。根据外形不同分为介质土压力计和界面土压力计。

当土体压力发生变化时,承压膜将其传递给敏感部件,引起振弦的应力发生变化,使振弦的固有频率发生变化。测量仪表输出脉冲信号通过电磁激振线圈激振钢弦并检测出拾振线圈所感应信号,通过频率读数仪读取频率值,经换算即可得到被测土体的压力。



说明:

1——承压膜; 3——线圈; 5——壳体; 7——频率读数仪。
2——振弦; 4——支架; 6——屏蔽电缆;

图1 土压力测量系统结构示意图

3 计量性能要求

计量性能要求见表1。

表1 计量性能要求

性 能	要 求
频率示值误差 Δ	$ \Delta \leq 0.5 \text{ Hz}$
滞后 a'	$ a' \leq 1.0\% F \cdot S$
重复性 a''	$a'' \leq 0.5\% F \cdot S$
非线性度 L	$ L \leq 1.5\% F \cdot S$
综合误差 ε_c	$ \varepsilon_c \leq 2.0\% F \cdot S$
压力示值误差 δ	$ \delta \leq 2.5\%$

注:“F·S”表示满量程。

4 通用技术要求

4.1 外观

外观要求如下:

- a) 土压力测量系统各部分应连接牢固,无影响其计量性能的外观损伤;
- b) 土压力测量系统显示窗口应清晰。

4.2 铭牌

土压力测量系统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。

5 计量器具控制

5.1 检定条件

5.1.1 环境条件

环境条件要求如下:

- a) 温度:15℃ ~ 35℃;
- b) 相对湿度:应不大于 85%;
- c) 大气压力:86kPa ~ 106kPa。

5.1.2 检定设备

检定设备要求如下:

- a) 低频信号发生器:范围 1Hz ~ 100kHz,分辨力应不大于 0.01Hz,准确度应优于被检定频率读数仪准确度一个数量级;
- b) 精密压力表:准确度等级为 0.1 级。

5.2 检定项目

检定项目见表 2,检定记录表见附录 A。

表 2 检定项目一览表

序号	检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观	+	+	+
2	铭牌	+	+	+
3	频率示值误差	+	+	+
4	滞后	+	+	+
5	重复性	+	+	-
6	非线性度	+	+	-
7	综合误差	+	+	-
8	压力示值误差	+	+	+

注:“+”表示需要检定的项目,“-”表示不需要检定的项目。

5.3 检定方法

5.3.1 外观

采用手检和目测的方法检查外观。

5.3.2 铭牌

采用目测的方法检查铭牌。

5.3.3 频率示值误差

频率检定步骤如下:

- 将频率读数仪与低频信号发生器连接;
- 在频率范围内均匀选取 10 个测试点 f ;
- 各频率点稳定 20s 后,读取低频信号发生器的标准频率值和频率读数仪测量值,取 3 次测量值的算术平均值 \bar{f}_i ,按公式(1)计算示值误差。

$$\Delta = \bar{f}_i - f \quad (1)$$

式中: Δ ——频率示值误差(Hz);

\bar{f}_i ——频率读数仪测量值的平均值(Hz);

f ——低频信号发生器的标准频率值(Hz)。

5.3.4 滞后

滞后检定步骤如下:

- 在试验环境条件下,土压力计预先放置 8h 以上;
- 将土压力计装入液体压力容器中,静置 20min;
- 将检定合格的频率读数仪与土压力计连接,按满量程压力对土压力计预加压 3 次,静置 5min 后进行正式试验;
- 读取压力为 0 时频率读数仪的输出频率值 f_0 ,按 10% F · S 逐级加压至满量程压力值,每级压力至少保持 1min,读取频率读数仪的输出频率值;
- 加压到满量程压力值后,按 10% F · S 逐级卸压至零点压力,每级压力至少保持 1min,读取频率读数仪的输出频率值;
- 退回零点压力值后,保持 3min,读取频率读数仪零点压力输出频率值;
- 按步骤 d) ~ f) 至少进行 3 次试验,每次间隔不少于 5min,按公式(2)计算第 $j(j = 1, 2, 3, \dots, 6)$ 次行程中第 $i(i = 0, 1, 2, 3, \dots, 10)$ 个检定点土压力计系数 k_{ij} :

$$k_{ij} = \frac{P_{ij}}{f_{0j}^2 - f_{ij}^2} \quad (2)$$

式中: P_{ij} ——第 i 个检定点第 j 次压力表示值(MPa);

f_{0j} ——压力为零时第 j 次压力时频率读数仪的输出频率值(Hz);

f_{ij} ——第 i 个检定点第 j 次压力时频率读数仪的输出频率值(Hz)。

- 按公式(3)计算土压力计传感器系数 \bar{k} :

$$\bar{k} = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^6 k_{ij} \quad (3)$$

- 按公式(4)计算零点与各检定点输出频率平方差的理论值:

$$F_i = \frac{1}{k} P_i \quad (4)$$

式中: F_i ——3 次测量循环各检定点输出频率的平方差的理论值(Hz²);

P_i ——3 次测量循环各检定点的压力平均值(MPa)。

j) 按公式(5)计算零点第 j 次行程的输出频率平方与第 i 个检定点第 j 次行程输出频率平方差 F_{ij} :

$$F_{ij} = f_{0j}^2 - f_{ij}^2 \quad (5)$$

k) 按公式(6)计算滞后 a'_i , 取 a'_i 中绝对值最大值为滞后的检定结果:

$$a'_i = \frac{F_{ij} - F_{ih}}{|\bar{f}_0^2 - \bar{f}_{10}^2|} \times 100\% F \cdot S \quad (6)$$

式中: F_{ij} ——3次进程测量各检定点对应的 F_{ij} 平均值(Hz^2);

F_{ih} ——3次回程测量各检定点对应的 F_{ij} 平均值(Hz^2);

\bar{f}_0 ——3次循环试验测量中压力为零时频率读数仪测得频率的平均值(Hz);

\bar{f}_{10} ——3次循环试验测量中满量程压力时频率读数仪测得频率的平均值(Hz)。

5.3.5 重复性

按公式(7)计算重复性 a''_i , 取 a''_i 中最大值为重复性的检定结果:

$$a''_i = \frac{|\Delta F_R|}{|\bar{f}_0^2 - \bar{f}_{10}^2|} \times 100\% F \cdot S \quad (7)$$

式中: ΔF_R ——进程和回程重复检定时, 各测试点输出频率平方偏差的最大值(Hz^2)。

5.3.6 非线性度

按公式(8)计算非线性度 L_i , 取 L_i 中绝对值最大值为非线性度的检定结果:

$$L_i = \frac{F_L - F_i}{|\bar{f}_0^2 - \bar{f}_{10}^2|} \times 100\% F \cdot S \quad (8)$$

式中: F_L ——3次循环测量中各检定点的输出频率平方差的平均值(Hz^2)。

5.3.7 综合误差

按公式(9)计算综合误差 ε_{ic} , 取 ε_{ic} 中绝对值最大值为综合误差的检定结果:

$$\varepsilon_{ic} = \frac{F_{ij} - F_i}{|\bar{f}_0^2 - \bar{f}_{10}^2|} \times 100\% F \cdot S \quad (9)$$

5.3.8 压力示值误差

按公式(10)计算对应于 P_i 时刻作用在承受膜上的压力。

$$\bar{P}_i = k(\bar{f}_{0j}^2 - \bar{f}_{ij}^2) \quad (10)$$

式中: \bar{P}_i ——第 i 次测量时, 重复测量 6 次土压力计的压力平均值(MPa)。

按公式(11)计算压力示值误差, 取 δ 中示值误差最大值为压力示值误差的检定结果:

$$\delta = \frac{\bar{P}_i - P}{P} \times 100\% \quad (11)$$

式中: δ ——第 i 次测量时压力示值误差。

5.4 检定结果的处理

经检定合格的土压力测量系统, 发给检定证书, 检定证书内页格式见附录 B; 检定不合

格的土压力测量系统,发给检定结果通知书,并注明不合格项目,检定结果通知书内页格式见附录 C。

5.5 检定周期

土压力测量系统检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

土压力测量系统检定记录表格式

证书编号:

送检单位		生产单位				
送检仪器名称						
仪器编号		型号/规格				
检定地点						
检定依据						
外观、铭牌						
序号	频率(Hz)					
	标准值	第一组	第二组	第三组	平均值	示值误差
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

证书编号:

荷载	第一次 加荷示值 (Hz)	第一次 卸荷示值 (Hz)	第二次 加荷示值 (Hz)	第二次 卸荷示值 (Hz)	第三次 加荷示值 (Hz)	第三次 卸荷示值 (Hz)	频率 平均值 (Hz)	压力 平均值 (MPa)
0								
$1 \times 10\% F \cdot S$								
$2 \times 10\% F \cdot S$								
$3 \times 10\% F \cdot S$								
$4 \times 10\% F \cdot S$								
$5 \times 10\% F \cdot S$								
$6 \times 10\% F \cdot S$								
$7 \times 10\% F \cdot S$								
$8 \times 10\% F \cdot S$								
$9 \times 10\% F \cdot S$								
$10 \times 10\% F \cdot S$								
计算结果:								
频率示值误差_____ k _____ 滞后_____ 重复性_____ 非线性度_____ 综合误差_____ 压力示值误差_____								
备注								

温度:_____

相对湿度:_____

检定员:_____

核验员:_____

检定日期: 年 月 日

附录 B

土压力测量系统检定证书内页格式

检定证书第 2 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点:				
温度		℃	地点	
相对湿度		%	其他	
检定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	检定/校准 证书编号	有效期至
第 2 页 共 3 页				

检定证书第 3 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×

检定结果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	外观		
2	铭牌		
3	频率示值误差		
4	滞后		
5	非重复性		
6	线性度		
7	综合误差		
8	压力示值误差		

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“××××××”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

土压力测量系统检定结果通知书内页格式

检定结果通知书第 2 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×				
检定机构授权说明				
检定环境条件及地点:				
温度		℃	地点	
相对湿度		%	其他	
检定使用的计量(基)标准装置				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	计量(基)标准 证书编号	有效期至
检定使用的标准器				
名称	测量范围	不确定度/准确度 等级/最大 允许误差	检定/校准 证书编号	有效期至
第 2 页 共 3 页				

检定结果通知书第 3 页

证书编号 × × × × × × - × × × ×

检定结果

序号	被检项目	检定结果	结论
1	外观		
2	铭牌		
3	频率示值误差		
4	滞后		
5	重复性		
6	非线性度		
7	综合误差		
8	压力示值误差		

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“××××××”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