

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××—××××

岩土工程用振弦式压力计校准规范

Calibration Specification for Vibrating Wire Pressure Gauges for

Geotechnical Engineering

(实验报告)

归口单位：全国压力计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

1. 概述

本次实验选取了 10 只岩土工程用振弦式压力计，按照校准规范的要求进行模拟校准。

实验数据来源包括起草小组本单位使用的岩土工程用振弦式压力计、近年校准过的岩土工程用振弦式压力计所做的实验数据，其中包括了土压力计（盒）和孔隙水压力计（渗压计）。

本报告列出部分有代表性的数据供参考。

2. 实验

2.1 实验目的

考察规范中所定的测量方法的可行性。

2.2 实验要求

按照常规实验条件，对岩土工程用振弦式压力计进行校准实验。

2.3 实验情况

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	渗压计	型号/规格	YH04-C20			
制造厂	湖南湘银河传感科技有限公司	出厂编号	28F486008D0400A1			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	活塞式压力计	BHY-6B	N2238/0.05 级			
	频率读数仪	JMZX-3001	00140015			
校准依据	/					
校准地点	本院 2115 实验室	环境温度：18.2℃		相对湿度：58%		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.4	0.4	1.2	1.2	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0=2118.4\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 18.2^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.2	0.2	0.2	1.2	1.2	1.6
0.500	405.3	407.0	407.7	408.1	407.7	408.1
1.000	815.1	817.0	817.0	817.0	817.0	817.4
1.500	1225.6	1226.1	1226.7	1226.7	1227.1	1226.7
2.000	1636.9	1636.9	1637.2	1637.2	1637.6	1637.6
压力计低温 (0.2℃) 输出值：-2.9			压力计高温 (40.2℃) 输出值：11.9			
满量程输出值：1636.8			温度影响系数：0.023%			
零位漂移：1.2			重复性：0.07%			
迟滞：0.05%			线性度：0.09%			
综合误差：0.10%			备注： $\lambda=-1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = -0.7 + 818.4p_i + 0.370(T_i - 18.2)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	-0.7	1.9
2	0.500	408.5	2.7
3	1.000	817.7	3.4
4	1.500	1226.9	4.1
5	2.000	1636.1	4.9

校准员：丁涛

核验员：曾麟

校准日期：2020-08-08

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	土压力盒	型号/规格	JMZX-5506ATm			
制造厂	长沙金码测控科技股份有限公司	出厂编号	214316			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	活塞式压力计	BHY-6B	N2238/0.05 级			
	频率读数仪	JMZX-3001	00140015			
校准依据	/					
校准地点	本院 2115 实验室	环境温度：19.0℃		相对湿度：55%		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	1.3	1.8	2.6	2.6	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0=1772.3\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 19.0^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
0.100	248.7	252.6	248.7	252.6	248.4	253.4
0.200	501.4	507.9	502.5	507.9	501.4	508.6
0.300	755.9	763.0	756.3	763.3	755.9	763.3
0.400	1010.2	1015.4	1011.5	1016.2	1009.1	1016.7
0.500	1263.8	1267.5	1265.1	1267.9	1263.8	1267.5
0.600	1517.2	1517.2	1517.9	1517.9	1518.5	1518.5
压力计低温 (0.2℃) 输出值：-7.3			压力计高温 (40.2℃) 输出值：11.5			
满量程输出值：1519.7			温度影响系数：0.031%			
零位漂移：2.6			重复性：0.26%			
迟滞：0.47%			线性度：0.11%			
综合误差：0.28%			备注： $\lambda=1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = -0.9 + 2532.8p_i + 0.470(T_i - 19.0)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	-0.9	1.7
2	0.100	252.4	2.1
3	0.200	505.6	2.5
4	0.300	758.9	3.0
5	0.400	1012.2	3.4
6	0.500	1265.5	3.8
7	0.600	1518.8	4.2

校准员：丁涛

核验员：曾麟

校准日期：2020-09-25

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	孔隙水压计	型号/规格	(0~1) MPa			
制造厂	湖南亿测物联传感技术研发有限公司	出厂编号	28F153B80A000069			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	活塞式压力计	BHY-6B	N2238/0.05 级			
	频率读数仪	JMZX-3001	00140015			
校准依据	/					
校准地点	本院 2115 实验室	环境温度：19.5℃		相对湿度：57%		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0 = 2168.7\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 19.5^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	-1.1	-0.4	-0.4	0.4	0.4	0.7
0.200	295.4	297.5	297.1	298.9	297.8	299.3
0.400	593.9	596.2	596.2	597.3	596.9	597.6
0.600	892.8	894.3	894.7	895.2	895.0	895.9
0.800	1189.7	1189.7	1190.9	1191.4	1190.9	1191.4
1.000	1485.6	1485.6	1487.1	1487.1	1487.3	1487.3
压力计低温 (0.2℃) 输出值：-5.5			压力计高温 (40.2℃) 输出值：15.0			
满量程输出值：1487.3			温度影响系数：0.034%			
零位漂移：0.0			重复性：0.09%			
迟滞：0.12%			线性度：0.11%			
综合误差：0.14%			备注： $\lambda = -1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = 0.7 + 1487.3p_i + 0.513(T_i - 19.5)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	0.7	1.6
2	0.200	298.1	2.0
3	0.400	595.6	2.5
4	0.600	893.1	3.0
5	0.800	1190.5	3.5
6	1.000	1488.0	3.9

校准员：丁涛

核验员：曾麟

校准日期：2021-03-17

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	土压力盒	型号/规格	SZZX-Eb60B			
制造厂	长沙市三智电子科技有限公司	出厂编号	54462			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	活塞式压力计	BHY-6B	N2238/0.05 级			
	频率读数仪	JMZX-3001	00140015			
校准依据	/					
校准地点	本院 2115 实验室	环境温度：20.3℃		相对湿度：50 %		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	-5.0	-4.6	-4.6	-4.6	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²) , $f_0=1652.1\text{Hz}$, 参考温度 $T_0: 21.0^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	-0.4	-7.6	-7.6	-10.2	-10.2	-10.6
1.000	197.5	211.6	210.8	210.1	211.2	211.2
2.000	431.0	432.1	429.5	431.4	430.6	431.4
3.000	652.4	652.1	649.5	650.9	649.1	650.6
4.000	871.6	871.3	868.5	870.0	868.5	869.6
5.000	1089.5	1090.3	1088.1	1088.8	1087.5	1088.4
6.000	1310.8	1310.8	1309.5	1309.5	1309.5	1309.5
压力计低温 (0.2℃) 输出值：-28.7			压力计高温 (40.2℃) 输出值：-7.9			
满量程输出值：1318.3			温度影响系数：0.039%			
零位漂移：-5.0			重复性：0.42%			
迟滞：0.34%			线性度：0.15%			
综合误差：0.32%			备注： $\lambda=1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = -9.0 + 219.7p_i + 0.520(T_i - 21.0)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²) , $k=2$
1	0.000	-9.0	1.7
2	1.000	210.8	2.2
3	2.000	430.5	2.6
4	3.000	650.2	3.1
5	4.000	869.9	3.5
6	5.000	1089.6	3.9
7	6.000	1309.3	4.4

校准员：丁涛

核验员：曾麟

校准日期：2021-06-12

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	土压力盒		型号/规格	JMZX-5100ATm		
制造厂	长沙金码测控科技股份有限公司		出厂编号	651045		
所用标准器 及主要配套 设备	名 称		型号/规格	编号/等级		
	活塞式压力计		BHY-60B	N2319/0.05 级		
	频率读数仪		JMZX-3001	00140015		
校准依据	/					
校准地点	本院 2115 实验室		环境温度：19.2℃		相对湿度：50 %	
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.4	0.5	0.5	0.5	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0=1784.0\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 20.5^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	0.4	0.4	-0.2	-0.2	-0.4
2.000	386.4	378.8	387.7	383.2	386.6	376.0
4.000	783.8	776.5	785.4	784.7	783.8	780.6
6.000	1183.5	1174.8	1184.8	1178.0	1183.0	1175.4
8.000	1572.5	1566.0	1575.5	1569.4	1574.4	1566.0
10.000	1955.8	1954.5	1958.0	1957.5	1957.5	1957.3
压力计低温 (0.2℃) 输出值：-31.5			压力计高温 (40.2℃) 输出值：-1.8			
满量程输出值：1963.4			温度影响系数：0.038%			
零位漂移：0.5			重复性：0.24%			
迟滞：0.39%			线性度：0.34%			
综合误差：0.53%			备注： $\lambda=1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{Lsi} = -2.9 + 196.3p_i + 0.743(T_i - 20.5)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{Lsi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	-2.9	7.2
2	2.000	389.8	9.5
3	4.000	782.5	11.9
4	6.000	1175.2	14.3
5	8.000	1567.8	16.6
6	10.000	1960.5	19.0

校准员：丁涛

核验员：曾麟

校准日期：2021-10-25

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	振弦式孔压计	型号/规格	(0~0.2) MPa			
制造厂	武汉中岩测控技术有限公司公司	出厂编号	gf-1			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	数字精密压力表	CST2008	800103010081/0.05 级			
	频率读数仪	GXS-937A	1012			
校准依据	/					
校准地点	本院压力计实验室	环境温度：19.5℃		相对湿度：50 %		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0=1703.2\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 20.3^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	-0.6	-0.6	-1.6	-1.6	-1.6
0.040	326.5	323.7	326.5	323.8	326.0	323.4
0.080	656.0	650.3	655.9	650.0	655.5	650.0
0.120	969.6	964.5	969.5	964.2	969.5	964.5
0.160	1300.1	1294.9	1299.9	1294.7	1299.9	1294.7
0.200	1627.9	1627.9	1627.6	1627.6	1627.6	1627.6
压力计低温 (-0.1℃) 输出值：11.4			压力计高温 (39.8℃) 输出值：39.0			
满量程输出值：1625.0			温度影响系数：0.042%			
零位漂移：0.0			重复性：0.19%			
迟滞：0.35%			线性度：0.43%			
综合误差：0.59%			备注： $\lambda = -1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = -1.0 + 8124.8p_i + 0.691(T_i - 20.3)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	-1.0	6.6
2	0.040	324.0	8.8
3	0.080	649.0	10.9
4	0.120	974.0	13.1
5	0.160	1299.0	15.3
6	0.200	1624.0	17.4

校准员：周振杰

核验员：窦春晖

校准日期：2021-01-25

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	振弦式孔压计	型号/规格	(0~2) MPa			
制造厂	武进区雪堰沪南工程仪器厂	出厂编号	gf-2			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	数字压力计	Const211	211A24968927/0.05 级			
	频率读数仪	GXS-937A	1012			
校准依据	/					
校准地点	本院压力计实验室	环境温度：18.5℃			相对湿度：50 %	
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.0	0.3	0.5	0.5	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0=1542.4\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 18.5^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	-0.8	-0.3	-0.3	-0.6	-0.6
0.400	301.2	299.3	302.1	301.7	302.1	301.7
0.800	604.7	603.9	606.4	606.4	606.3	606.4
1.200	909.0	909.1	909.0	908.9	908.8	908.9
1.600	1215.5	1215.0	1215.3	1215.0	1215.1	1214.9
2.000	1525.1	1525.1	1524.9	1524.9	1524.9	1524.9
压力计低温 (-0.1℃) 输出值：32.3			压力计高温 (39.8℃) 输出值：51.2			
满量程输出值：1524.5			温度影响系数：0.031%			
零位漂移：0.5			重复性：0.07%			
迟滞：0.06%			线性度：0.23%			
综合误差：0.23%			备注： $\lambda = -1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = -3.0 + 762.3p_i + 0.474(T_i - 18.5)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	-3.0	4.0
2	0.400	301.9	5.3
3	0.800	606.8	6.6
4	1.200	911.7	7.9
5	1.600	1216.6	9.2
6	2.000	1521.5	10.5

校准员：周振杰

核验员：窦春晖

校准日期：2021-04-20

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	振弦式孔压计	型号/规格	(0~0.5) MPa			
制造厂	常州金土木工程仪器有限公司	出厂编号	gf-3			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	数字压力计	CST2008	800103010081/0.05 级			
	频率读数仪	GXS-937A	1012			
校准依据	/					
校准地点	本院压力计实验室	环境温度：22.0℃		相对湿度：50 %		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0 = 1789.2\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 22.0^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	-1.9	-1.9	-2.4	-2.6	-2.7
0.100	453.0	449.1	450.4	447.9	449.9	447.9
0.200	908.6	900.9	906.6	900.1	906.0	900.5
0.300	1356.5	1346.8	1355.1	1346.1	1354.6	1346.4
0.400	1800.7	1795.1	1799.5	1793.2	1799.0	1792.5
0.500	2234.1	2234.1	2232.7	2232.7	2232.3	2232.3
压力计低温 (-0.1℃) 输出值：-7.4			压力计高温 (39.8℃) 输出值：25.8			
满量程输出值：2237.5			温度影响系数：0.037%			
零位漂移：0.0			重复性：0.22%			
迟滞：0.40%			线性度：0.35%			
综合误差：0.43%			备注： $\lambda = 1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{Lsi} = 3.3 + 4475.1p_i + 0.837(T_i - 22.0)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{Lsi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	3.3	9.1
2	0.100	450.8	12.1
3	0.200	898.3	15.0
4	0.300	1345.8	18.0
5	0.400	1793.3	21.0
6	0.500	2240.8	24.0

校准员：周振杰

核验员：窦春晖

校准日期：2021-08-15

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	振弦式孔压计	型号/规格	(0~0.35) MPa			
制造厂	四川葛南仪器有限公司	出厂编号	gf-4			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	数字压力计	CST2008	800103010081/0.05 级			
	频率读数仪	GXS-937A	1012			
校准依据	/					
校准地点	本院压力计实验室	环境温度：21.2℃		相对湿度：56 %		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0 = 2319.2\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 22.0^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	-1.5	-1.5	-2.0	-2.0	-2.1
0.070	476.7	472.9	475.2	472.3	474.7	472.9
0.140	950.1	943.8	948.3	943.4	947.7	943.8
0.210	1416.6	1411.9	1415.4	1411.2	1414.6	1411.6
0.280	1876.1	1873.6	1875.2	1872.5	1874.8	1872.8
0.350	2324.5	2324.5	2323.8	2323.8	2323.6	2323.6
压力计低温 (-0.1℃) 输出值：-8.3			压力计高温 (39.8℃) 输出值：21.6			
满量程输出值：2327.8			温度影响系数：0.032%			
零位漂移：0.0			重复性：0.12%			
迟滞：0.22%			线性度：0.50%			
综合误差：0.50%			备注： $\lambda = 1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{Lsi} = 7.8 + 6651.0p_i + 0.749(T_i - 21.2)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{Lsi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	7.8	14.0
2	0.070	473.4	18.6
3	0.140	939.0	23.3
4	0.210	1404.5	27.9
5	0.280	1870.1	32.5
6	0.350	2335.7	37.2

校准员：周振杰

核验员：窦春晖

校准日期：2021-12-20

岩土工程用振弦式压力计校准原始记录（推荐样式）

委托单位	/					
器具名称	振弦式孔压计	型号/规格	(0~1) MPa			
制造厂	武汉中科智创岩土技术有限公司	出厂编号	gf-5			
所用标准器 及主要配套 设备	名 称	型号/规格	编号/等级			
	数字压力计	Const211	211H164E0959/0.05 级			
	频率读数仪	GXS-937A	1012			
校准依据	/					
校准地点	本院压力计实验室	环境温度：20.5℃		相对湿度：56 %		
零位漂移	0 min	15 min	30 min	45 min	60 min	
输出值 (Hz ²)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
标准压力值 (MPa)	压力计输出值 N_i (Hz ²)， $f_0=1729.0\text{Hz}$ ，参考温度 $T_0: 20.8^\circ\text{C}$					
	第一次		第二次		第三次	
	正行程	反行程	正行程	反行程	正行程	反行程
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.200	271.9	271.9	272.2	272.2	281.8	272.2
0.400	544.5	544.5	544.8	544.8	544.5	544.5
0.600	815.1	815.1	815.3	815.3	815.1	815.3
0.800	1082.3	1082.3	1081.9	1081.9	1081.9	1082.1
1.000	1346.6	1346.6	1347.2	1346.8	1346.8	1346.8
压力计低温 (-0.1℃) 输出值：-2.3			压力计高温 (39.8℃) 输出值：15.6			
满量程输出值：1347.1			温度影响系数：0.033%			
零位漂移：0.0			重复性：0.29%			
迟滞：0.24%			线性度：0.28%			
综合误差：0.29%			备注： $\lambda=1$			
温度影响系数修正的工作直线方程： $N_{LSi} = 3.5 + 1347.1p_i + 0.449(T_i - 20.8)$						

最小二乘直线拟合预测输出值扩展不确定度：

序号	校准点 (MPa)	预测输出值 N_{LSi} (Hz ²)	U (Hz ²)， $k=2$
1	0.000	3.5	4.9
2	0.200	272.9	6.5
3	0.400	542.4	8.1
4	0.600	811.8	9.7
5	0.800	1081.2	11.3
6	1.000	1350.6	12.9

校准员：周振杰

核验员：窦春晖

校准日期：2022-03-21

2.4 实验结论

依据新起草的岩土工程用振弦式压力计校准规范进行校准是可行的。