

ICS 75.180.99
E 10
备案号: 18094—2006



中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6661—2006

地震检波器校准方法

Calibration methods for geophone

2006—07—10 发布

2007—01—01 实施

国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 技术要求	1
3.1 外观要求	1
3.2 校准项目和允差范围	1
4 校准条件	2
4.1 环境条件	2
4.2 校准前的准备	2
4.3 校准用设备	2
5 校准项目和校准方法	3
5.1 校准项目	3
5.2 校准方法	4
6 校准结果	7
7 校准周期	7

前 言

本标准对目前地震勘探中使用的动圈检波器（一般在陆地环境勘探中使用）和压电检波器（也称水听器，一般用于在水中接收地震波）的校准方法进行了规范。

本标准综合了目前国内外地震检波器技术的发展和地震勘探技术的发展情况，根据国内外地震勘探质量控制对地震检波器的技术要求而制定的。

本标准由油气计量及分析方法专业标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油集团东方地球物理有限责任公司、中油勘探监理公司。

本标准主要起草人：吴敏、张显桂、易碧金、陈涵实、程海生、巩庆刚、罗兰兵、李贻清。

地震检波器校准方法

1 范围

本标准规定了地震勘探用动圈式速度型检波器（串）和压电检波器在地震勘探生产过程中的技术要求、校准设备和校准方法等。

本标准适用于动圈式速度型检波器（以下简称动圈检波器）和压电检波器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T 5046 地震检波器

3 技术要求

3.1 外观要求

3.1.1 标识

检波器应有清晰的型号、规格、编号、制造厂标识。

3.1.2 外观

动圈检波器应保持完整，外壳无裂痕，尾锥固定良好。压电检波器应保持完整，外皮无破损。

3.1.3 配套部件

被校准检波器插头应完整无损，触点无污物和锈蚀，接线无破损，连接牢固可靠。

3.2 校准项目和允差范围

动圈检波器按照 SY/T 5046 的技术要求分级，其 A 级、B 级动圈检波器校准项目和允差范围见表 1，压电检波器校准项目和允差范围见表 2。

表 1 动圈检波器校准项目和允差范围

校准项目	单位	允 差 范 围	
		B 级（普通检波器）	A 级（高精度检波器）
直流电阻 R_c	Ω	$\pm 5\%$	$\pm 2.5\%$
阻尼系数 B_d		$\pm 10\%$	$\pm 2.5\%$
自然频率 F_n	Hz	$\pm 5\%$	$\pm 2.5\%$
灵敏度 G	$V/(m \cdot s^{-1})$	$\pm 7.5\%$	$\pm 2.5\%$
失真度 D		$\leq 0.2\%$	$\leq 0.1\%$
绝缘电阻 R_i	$M\Omega$	$\pm 15\%$	$\pm 15\%$
极性		+/- 判定	

表 2 压电检波器校准项目和允差范围

校准项目	单 位	允 差 范 围
直流电阻 R_c	Ω	$\pm 10\%$
自然频率 F_n	Hz	$\pm 15\%$
灵敏度 M	dB	$\pm 1.5\text{dB}$
绝缘电阻 R_i	$M\Omega$	$\pm 15\%$
极性		+/- 判定

4 校准条件

4.1 环境条件

- 环境温度：动圈检波器为 $-30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ；压电检波器为 $0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；
- 相对湿度： $\leq 85\%$ ；
- 无强震动和强电磁干扰。

4.2 校准前的准备

4.2.1 环境温度平衡

应保证被测检波器温度与测试环境温度基本相同，如果校准环境温度与检波器温度相差大于 5°C 时，则应在测试环境中放置 2h 以上。

4.2.2 检波器的安放方式

4.2.2.1 动圈检波器

被校准的普通动圈检波器应保证尾锥向下，其倾角应符合其产品标准规定。

4.2.2.2 压电检波器

被校准的压电检波器应置于与标准压电检波器声场相同的区域。

4.2.3 核查

动圈检波器校准前应使用配套的标准检波器对检波器测试仪进行核查，确保检波器测试仪工作正常，校准偏差在允许范围内。

4.2.4 赋值

压电检波器校准前应使用配套的标准压电检波器对检波器测试仪进行赋值。

4.3 校准用设备

4.3.1 动圈检波器

动圈检波器校准用电激励式检波器测试仪的技术指标见表 3。

表 3 电激励式检波器测试仪技术指标

技术 参 数	工 作 范 围	允 差 范 围	
		适合 B 级普通动圈检波器校准的 测试仪	适合 A 级高精度动圈检波器校准的 测试仪
直流电阻 R_c	$(0.1\sim 5.1)\text{ k}\Omega$	$\pm 1\%$	$\pm 0.8\%$
阻尼系数 B_l	$0.2\sim 0.85$	$\pm 1\%$	$\pm 0.8\%$
自然频率 F_n	$(4\sim 100)\text{ Hz}$	$\pm 1\%$	$\pm 0.8\%$
灵敏度 G	$(0\sim 999)\text{ V}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$\pm 2\%$	$\pm 0.8\%$
失真度 D	$0.02\%\sim 0.3\%$	$\leq 0.04\%$	$\leq 0.02\%$
绝缘电阻 R_i	$(10\sim 100)\text{ M}\Omega$	$\pm 5\%$	$\pm 5\%$
极性		+/- 判定	+/- 判定

4.3.2 压电检波器

压电检波器测试仪分台式和便携式两种，台式压电检波器测试仪的技术指标见表 4，便携式压电检波器测试仪的技术指标见表 5。

表 4 台式压电检波器测试仪技术指标

技术 参 数	单 位	工 作 范 围	允 差 范 围
直流电阻 R_c	Ω	100~1000	$\pm 1\%$
自然频率 F_n	Hz	8~500	$\pm 5\%$
灵敏度 M	dB	- 220~- 180	$\pm 0.5\text{dB}$
绝缘电阻 R_i	M Ω	>50	$\pm 5\%$
极性		+/- 判定	+/- 判定

表 5 便携式压电检波器测试仪技术指标

技术 参 数	单 位	工 作 范 围	允 差 范 围
灵敏度 M	dB	- 220~- 180	$\pm 0.5\text{dB}$
极性		+/- 判定	+/- 判定

5 校准项目和校准方法

5.1 校准项目

5.1.1 动圈检波器

动圈检波器校准项目见表 6。

表 6 动圈检波器校准项目

校 准 项 目	地震作业施工前	到校准间隔	修 理 后
直流电阻	●	●	●
绝缘电阻	●	●	●
阻尼系数	●	●	●
自然频率	●	●	●
灵敏度	●	●	●
失真度	●	●	●
极性	●	●	●
注：●为应校准项目。			

5.1.2 压电检波器

压电检波器的校准项目见表 7。

表 7 校准项目

校准项目	地震作业施工前	到校准间隔	维修后
直流电阻	●	●	○
自然频率	●	●	○
灵敏度	●	●	●
绝缘电阻	●	●	○
极性	●	●	●

注：●为应校准项目，○为（根据校准设备）可选项目。

5.2 校准方法

5.2.1 动圈检波器

操作动圈检波器测试仪，输入被校准检波器有关参数和允差范围，进入相应的校准项目。

5.2.1.1 外观检查

目测检查动圈检波器应符合 3.1 的要求。

5.2.1.2 直流电阻的校准

用检波器测试仪连接动圈检波器如图 1，操作检波器测试仪，进入检波器测试中的直流电阻校准项后启动校准，测试仪通过直接测试法校准动圈检波器的直流电阻，屏幕显示的电阻值为被校准动圈检波器的直流电阻值，根据式（1）计算，校准结果应符合 3.2 的要求。

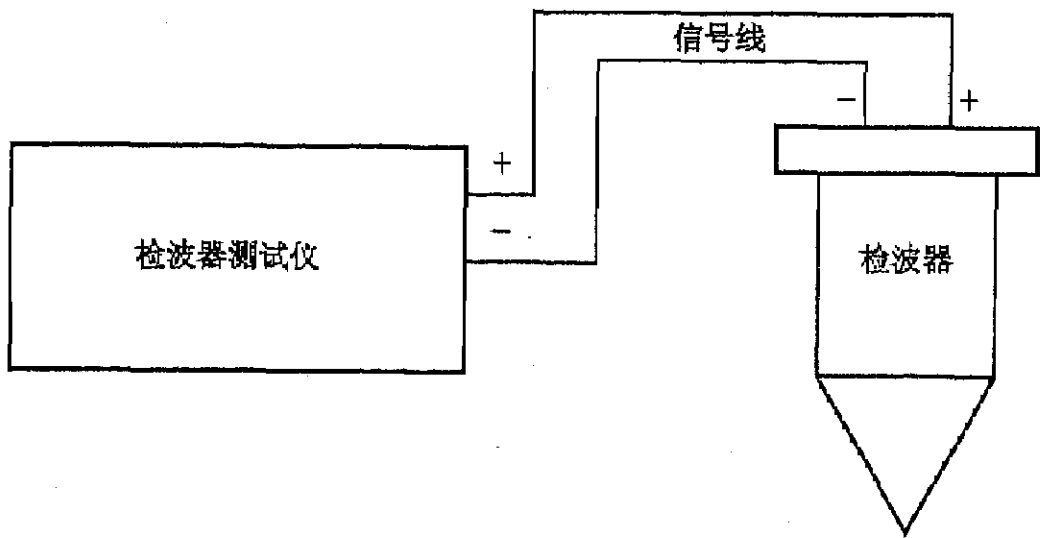


图 1 动圈检波器与检波器测试仪连接方法

$$\delta = \frac{X - X_0}{X_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：
δ——相对误差；
X——实测参数；
X₀——被测参数的标称值。

5.2.1.3 阻尼系数、自然频率和灵敏度的校准

用检波器测试仪连接动圈检波器如图 1，操作检波器测试仪进入阻尼系数、自然频率和灵敏度校准项后启动校准，动圈检波器输出曲线见图 2。测试仪屏幕显示各项数值为被测动圈检波器的阻尼系数、自然频率和灵敏度校准结果。根据式（2）计算，校准结果应符合 3.2 的要求。

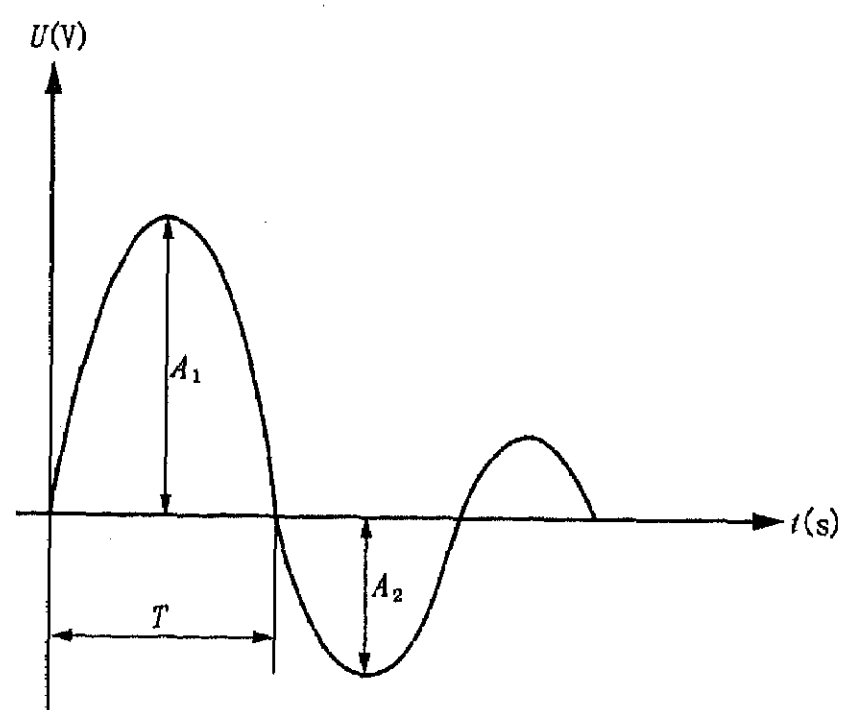


图2 动圈检波器输出曲线示意图

$$\Delta = X - X_0 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

X ——实测参数;

X_0 ——被测参数的标称值;

Δ ——绝对误差。

5.2.1.3.1 阻尼系数 B_t 的计算见式 (3)。

$$B_t = \frac{\ln \left| \frac{A_1}{A_2} \right|}{\sqrt{\pi^2 + \left(\ln \left| \frac{A_1}{A_2} \right| \right)^2}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

A_1 ——第一个峰值振幅, V;

A_2 ——第二个峰值振幅, V。

5.2.1.3.2 自然频率 F_n 的计算见式 (4)。

$$F_n = \frac{1}{2T \sqrt{1 - B_t^2}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

T ——第一次过零点的时间, s。

5.2.1.3.3 灵敏度 G 的计算见式 (5)。

$$G = \sqrt{\frac{2\pi F_n m A_1}{I}} \exp \frac{\arctan \frac{\sqrt{1 - B_t^2}}{B_t}}{\frac{\sqrt{1 - B_t^2}}{B_t}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

m ——检波器线圈质量, g;

I ——通过检波器线圈的直流电阻, A。

5.2.1.4 失真度的校准

用检波器测试仪连接动圈检波器如图1, 操作检波器测试仪进入失真度校准项后启动校准, 检波器测试仪用一定频率的正弦波信号驱动动圈检波器, 测试仪屏幕显示测试数值为被测动圈检波器的失

真度值。校准结果根据式 (1) 计算, 应符合 3.2 的要求。

5.2.1.5 绝缘电阻的校准

用检波器测试仪分别连接动圈检波器的两个电极和尾锥如图 3, 操作检波器测试仪进入绝缘电阻校准项后启动校准, 测试仪屏幕显示测试数值为被测动圈检波器的绝缘电阻值, 校准结果根据式 (1) 计算, 应符合 3.2 的要求。

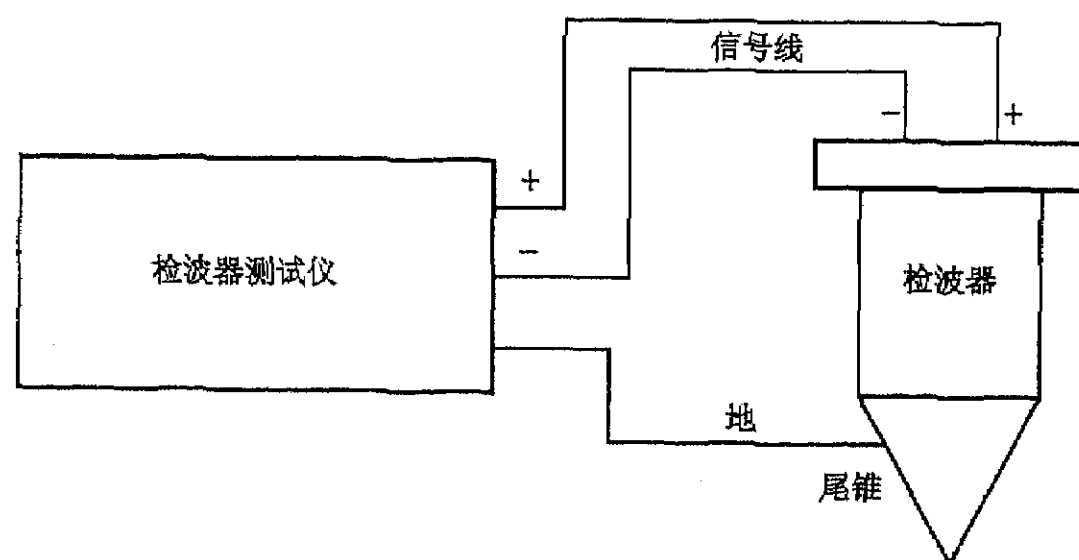


图3 绝缘电阻校准连接示意图

5.2.2 压电检波器

5.2.2.1 外观检查

压电检波器外观检查应符合 3.1 要求。

5.2.2.2 直流电阻的校准

按 5.2.1.2 要求。

5.2.2.3 自然频率的校准

压电检波器自然频率的校准采用共振点查找法, 即采用频率步长很小的信号驱动压电检波器, 按照校准压电检波器灵敏度的校准方法得到每一个频率点的灵敏度值。查找出这些灵敏度值的最大值, 该值所对应的频率点即为该压电检波器的近似自然频率。信号的频率步长越小, 校准的频率误差越小。

设频率为 F_1 的信号驱动压电检波器, 得到的压电检波器输出端的开路电压为 V_1 , 则压电检波器的谐振频率 F_n 见式 (6)。

$$F_n = F [\max (V_1, V_2, \dots, V_m)] \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

F_n ——待测压电检波器的谐振频率, Hz;

V_1 ——压电检波器在某一固定频率信号驱动下测得的输出电压, V;

V_2 ——压电检波器在第二个固定频率信号驱动下测得的输出电压, V;

V_m ——压电检波器在第 m 个固定频率信号驱动下测得的输出电压, V;

$V_1, V_2, \dots, V_m$ ——代表压电检波器的一组对应 m 种不同频率信号驱动下所测得的输出电压值, V;

$\max (V_1, V_2, \dots, V_m)$ ——代表数组 $V_1, V_2, \dots, V_m$ 中最大的值, V;

$F [\max (V_1, V_2, \dots, V_m)]$ ——数组 $V_1, V_2, \dots, V_m$ 中最大值所对应的驱动信号频率, Hz。

5.2.2.4 绝缘电阻的校准

按 5.2.1.5 要求。

5.2.2.5 灵敏度的校准

将待测压电检波器和标准压电检波器同时放入声场内声压相同的区域, 测出压电检波器的输出端开路电压, 待测压电检波器的灵敏度 M_x 见式 (7)。

$$M_x = 20 \lg M_s \frac{U_x}{U_s} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

M_x ——待测压电检波器的灵敏度, dB;

M_s ——标准压电检波器的灵敏度, dB;

U_x ——待测压电检波器输出端的开路电压, V;

U_s ——标准压电检波器输出端的开路电压, V。

6 校准结果

检波器校准结果按批次出具校准证书, 并附检波器测试仪生成的数据。

7 校准周期

动圈检波器的复校间隔推荐为 6 个月, 压电检波器的复校间隔推荐为 12 个月。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
地震检波器校准方法
SY/T 6661—2006

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 3/4 印张 21 千字 印 1—1000
2006 年 11 月北京第 1 版 2006 年 11 月北京第 1 次印刷
书号: 155021·6002 定价: 8.00 元
版权专有 不得翻印