

DB

中华人民共和国地震行业标准

DB/T 21 — 2007

地震观测仪器进网技术要求 常用技术参数表述与测试方法

Technical requirements of instruments in network for earthquake monitoring –
The description of common technical parameter and test method

2007 – 03 – 14 发布

2007 – 06 – 01 实施

中国地震局 发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术参数的表述	4
5 技术参数的测试方法	7
附录 A （规范性附录）数据运算规则	16
附录 B （规范性附录）有效数字和有效位数	17
参考文献	18

前 言

本标准是《地震观测仪器进网技术要求》系列标准中的一项。该系列标准结构及名称预计如下：

- 地震观测仪器进网技术要求 常用技术参数表述与测试方法(DB/T 21 — 2007)
- 地震观测仪器进网技术要求 地震仪(DB/T 22 — 2007)
- 地震观测仪器进网技术要求 地电观测仪 第1部分：直流地电阻率仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地电观测仪 第2部分：地电场仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地磁观测仪 第1部分：磁通门磁力仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地磁观测仪 第2部分：质子矢量磁力仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地壳形变观测仪 第1部分：倾斜仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地壳形变观测仪 第2部分：应变仪
- 地震观测仪器进网技术要求 重力仪(DB/T 23 — 2007)
- 地震观测仪器进网技术要求 地下流体观测仪 第1部分：压力式水位仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地下流体观测仪 第2部分：测温仪
- 地震观测仪器进网技术要求 地下流体观测仪 第3部分：闪烁测氦仪
-

本标准的附录 A、附录 B 为规范性附录。

本标准由中国地震局提出。

本标准由全国地震标准化委员会(SAC/TC 255)归口。

本标准起草单位：中国地震局地震预测研究所、中国地震局地球物理研究所、湖北省地震局、中国地震局地壳应力研究所。

本标准主要起草人：赵家骝、毛桐恩、薛兵、吕宠吾、周勋、宁立然、周振安、席继楼。

引 言

地震观测仪器进网指地震观测仪器连接进入地震监测网络技术系统，地震监测网络技术系统是由专门用于地震监测活动的地震台站观测环境、仪器传感器以及数据采集、传输、存储和分析处理系统组成。这里所指地震监测网络包括国家地震监测网、省级地震监测网、市县地震监测网和专用地震监测网。

观量仪器的技术参数是衡量仪器性能特性的主要依据，也是观测资料质量的基本保证。由于种种原因目前地震观测仪器的技术参数尚不规范，主要表现在：有的仪器技术参数不全，缺少一些关键的技术参数；有些技术参数由于在定义上的不明确而造成了混淆，同一技术参数在不同仪器中含意不一样；技术参数的表述不一致；同一类技术参数的测试方法不一致，测试数据处理方法及结论的表述不一致等。

以上问题造成地震观测仪器的测试结果不统一，不易判别仪器质量的优劣，在仪器的使用、质检、验收、检定及同类仪器性能比较等需要衡量仪器的技术性能时遇到了困难。为了解决对不同学科多种地震观测仪器中相同技术指标在认识、解释、测试方法上的差异，保证用同样的标准(定义、测试方法)衡量各地震观测仪器的性能特性；保证地震观测资料的科学性、准确性、可比性；为计量监督提供科学、统一、法定的计量保证，特编制本标准。

地震观测仪器进网技术要求

常用技术参数表述与测试方法

1 范围

本标准规定了地震观测仪器进网常用技术参数的定义、表述及测试方法。
本标准适用于地震观测仪器的设计、生产、使用、维护、引进和质量监督。

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。

JJF 1059 — 1999 测量不确定度评定与表示

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

实验标准(偏)差 experimental standard deviation

对同一被测量做 n 次测量，表征测量结果分散性的量 s 。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

[JJF 1001 — 1998, 定义 5.8]

3.2

测量不确定度 uncertainty of measurement

表征合理地赋予被测量之值的分散性，与测量结果相联系的参数。

注 1：此参数可以是诸如标准偏差或其倍数，或说明置信水准的区间的二分之一宽度。

注 2：测量不确定度由各个分量组成。其中一些分量可用测量列结果的统计分布估算，并用实验标准偏差表征。另一些分量则可用基于经验或其他信号假定概率分布估算，也可用标准偏差表征。

注 3：测量结果应理解为被测量之值的最佳估计，而所有的不确定度分量均贡献给了分散性，包括那些由系统效应引起的(如：与修正值和参考测量标准有关的)分量。

[JJF 1001 — 1998, 定义 5.9]

3.3

标准不确定度 standard uncertainty

以标准偏差表示的测量不确定度。

[JJF 1001 — 1998, 定义 5.10]

3.4

扩展不确定度 expanded uncertainty

确定测量结果区间的量，合理赋予被测量之值分布的大部分可望含于此区间。

注：扩展不确定度有时也称展伸不确定度或范围不确定度。

[JJF 1001 — 1998, 定义 5.14]

3.5

合成标准不确定度 combined standard uncertainty

当测量结果是由若干个其他量的值求得时，按其他各量的方差或(和)协方差算得的标准不确定度。

注：它是测量结果标准差的估计值。

[JJF 1059 — 1999，定义 2.15]

3.6

包含因子 coverage factor

为求得扩展不确定度，对合成标准不确定度所乘之数字因子。

注 1：包含因子等于扩展不确定度与合成标准不确定度之比。

注 2：包含因子有时也称覆盖因子。

[JJF 1001 — 1998，定义 5.15]

3.7

自由度 degrees of freedom

在方差计算中，自由度为和的项数减去对和的限制数，记为 ν 。自由度反映了相应标准不确定度的可靠程度。

[JJF 1059 — 1999，定义 2.18]

3.8

独立 independence

如果两个随机变量的联合概率分布是它们每个概率分布的乘积，那么这两个随机变量是统计独立的。

注：如果两个随机变量是独立的，那么它们的协方差和相关系数等于零，但反之不一定成立。

[JJF 1059 — 1999，定义 2.23]

3.9

偏差 deviation

一个值减去其参考值。

[JJF 1001 — 1998，定义 5.17]

3.10

修正值 correction

用代数法与未修正测量结果相加，以补偿其系统误差的值。

注 1：修正值等于负的系统误差。

注 2：由于系统误差不能完全获知，因此这种补偿并不完全。

注 3：为补偿系统误差，而与未修正测量结果相乘的因子称为修正因子。

注 4：已修正的测量结果即使具有较大的不确定度，但可能仍十分接近被测量的真值(即误差甚小)，因此，不应把测量不确定度与已修正结果的误差相混淆。

[JJF 1059 — 1999，定义 2.21]

3.11

绝对误差 absolute error

测定值和真值之间的代数差。

注 1：一个量的“真值”是理想的概念，一般是不确知。在不至于误解时，可以将“真值”理解为“约定真值”。

注 2：绝对误差是误差的一种表示方法，它表示误差本身的大小。

注 3：绝对误差有单位和符号(正，负)，其单位和测定值相同。

[JJF 1023 — 1991，定义 4.1]

3.12

相对误差 relative error

绝对误差与真值的比。

注 1: 在实际计算时, 往往以约定真值代替真值。

注 2: 相对误差是误差的另一种表示方法, 它表示测量的准确程度。

注 3: 相对误差通常以百分数表示。

[JJF 1023 — 1991, 定义 4.2]

3.13

(电测量器具的) 引用误差 fiducial error

测量仪表的(绝对)误差与仪表规定的基值之比。

注 1: 引用误差也是误差的一种表示方法, 它表示仪器的优劣。

注 2: 对指示仪表, 以“用基值百分数表示的误差”来作为引用误差, 在这些仪表中, 通常以有效范围的上限为基值。

[JJF 1023 — 1991, 定义 4.3]

3.14

线性度 linearity

校准曲线与规定直线的一致程度。

注: 线性度分为独立线性度、端基线性度和零基线性度。当仅称线性度时, 是指独立线性度。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.44]

3.15

满度值 full-scale value

各量程上限所代表的被测量值。

[GB 11933.1 — 1989, 定义 2.96]

3.16

频率响应 frequency response

在线性系统中, 输出信号的傅里叶变换与相应输入信号的傅里叶变换之比。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.81]

3.17

谐波含量 harmonic content

一个非正弦周期函数中减去基波分量所得到的函数。

[GB 11464 — 1989, 定义 8.16]

3.18

相对谐波含量 relative harmonic content

谐波含量的有效值与非正弦函数的有效值之比。

[GB 11464 — 1989, 定义 8.17]

3.19

最大允许误差 maximum permissible error

由标准、技术规范等所规定的仪器仪表误差的极限。

注: 同义词——误差极限。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.37]

3.20

线性度误差 linearity error

校准曲线与规定直线之间的最大偏差。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.48]

3.21

分辨力 resolution

仪器仪表指示装置可有意义地辨别被指示量两邻近值的能力。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.52]

3.22

测量范围 measuring range

按规定准(精)确度进行测量的被测量的范围。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.4]

3.23

输入电阻 input resistance

一般是指工作状态下从输入端看进去的输入电路的等效电阻,用输入电压的变化值和相应的输入电流的变化值之比表示。

[JJG 315 — 1983 附录 1, 定义 22]

3.24

零电流 zero current

由仪器(表)内部电路引起的、在被测电路中流过的电流。

它等效于在输入电压为零时,使仪器的输出指示减小到零需给仪器输入端注入的方向相反的电流。

[JJF 1023 — 1991, 定义 2.18]

3.25

共模抑制比 common mode rejection ratio(CMRR)

施加在规定参考点和输入端(用规定电路把输入端连在一起)之间的电压与为了产生相同输出而在输入端所需的电压之比。

[GB 11464 — 1989, 定义 9.16]

3.26

串模抑制比 series mode rejection ratio(SMRR)

使输出信息发生给定变化的串模电压与能产生相同的被测量电压之比。

[GB 11464 — 1989, 定义 9.17]

3.27

点漂 point drift

在规定的工作条件下,对应一个恒定的输入在规定的时间内的输出变化。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.55]

3.28

零点漂移 zero drift

简称零漂,范围下限值上的点漂。当下限值不为零值时亦称为始点漂移。

[GB/T 13983 — 1992, 定义 4.56]

3.29

(仪器)噪声 (instrument) noise

仪器自身产生的可能叠加在被测信号上的一定频率范围内的能量。

4 技术参数的表述

4.1 最大允许误差

4.1.1 表述方法

最大允许误差 $E_{\max}$ 由式(1)表示。

$$E_{\max} = a\%R + b\%FS + C \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

R —— 读数(显示值);

FS —— 满度值;

C —— 具有量纲的常数, 可以为零。

注: 如果式(1)仅有第一项, $a\%$ 为相对误差; 如果式(1)仅有第二项, $b\%$ 为引用误差。

4.1.2 限定条件

保证仪器不应超出最大允许误差所需的温度、湿度、气压、电源电压、电源频率、观测场地等条件, 以及在上述条件下本参数应符合技术要求的时间范围。

4.2 线性度误差

4.2.1 表述方法

用最大偏差与满度值的百分比 $d\%$ 表示。

注: 对多量程仪器, 若每个量程的线性度误差不一致, 需逐量程给出。

4.2.2 限定条件

仪器线性度误差应符合技术要求所需的温度、湿度、气压、电源电压、电源频率等条件, 以及在上述条件下本参数应符合技术要求的时间范围。

4.3 分辨力

4.3.1 表述方法

用一个与被测量相同量纲的数值表示。

4.3.2 限定条件

仪器分辨力应符合技术要求所需的温度、湿度、气压、电源电压、电源频率等条件。

4.4 幅频特性

4.4.1 表述方法

采用输出信号幅度与输入信号幅度的比值相对信号频率的解析函数或列表数据(曲线)表示。

4.4.2 限定条件

仪器幅频特性应符合技术要求所需的电源电压、电源频率等条件, 以及本参数所适用的频率范围。

4.5 测量范围

4.5.1 表述方法

4.5.1.1 用仪器可测量的最大值和最小值表示:

——自动量程仪器: 最大值用仪器的最大量程的上限表示, 最小值用仪器的最小量程的下限表示;

——手动量程仪器: 用各量程的最大值和最小值分别表示。

4.5.1.2 用仪器的动态范围表示:

——自动量程仪器: 用仪器可测量最大值和最小值之比值的分贝值表示:

$$\text{动态范围} = 20\lg \frac{\text{最大值}}{\text{最小值}} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

——手动量程仪器: 各量程分别计算, 以各量程中动态范围的最小值为准。

4.5.2 限定条件

仪器测量范围应符合技术要求所需的电源电压、电源频率等条件。

4.6 输入电阻和零电流(仅对输入信号为电压的仪器)

4.6.1 表述方法

输入电阻采用不小于某一电阻值表示(如: 不小于 $10\text{ M}\Omega$); 零电流采用不大于某一电流值表示(如: 不大于 10^{-9} A)。

4.6.2 限定条件

仪器输入电阻和零电流应符合技术要求所需的温度、湿度、气压、电源电压、电源频率等条件。

4.7 相对谐波含量(总谐波失真度)

4.7.1 表述方式

用谐波含量的有效值与非正弦函数的有效值之比值的百分比表达,具体计算方法见式(3)。

$$\nu = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n V_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n V_i^2}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

ν ——相对谐波含量;

V_i ——第*i*次谐波的有效值。

4.7.2 限定条件

仪器相对谐波含量应符合技术要求所需的电源电压、电源频率等条件。

4.8 共模抑制比(CMRR)(仅对输入信号为电压的仪器)

4.8.1 表述方法

采用共模电压与共模电压影响比值的分贝值表示:

$$CMRR = 20\lg \frac{V_c}{|V_1 - V_0|} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

V_c ——共模扰动电压值;

V_0 ——无共模扰动时的测量值;

V_1 ——有共模扰动时的测量值。

4.8.2 限定条件

仪器共模抑制比应符合技术要求所需的温度、湿度、气压、电源电压、电源频率、共模扰动电压的最大允许幅值、适用的频率(如:直流、有一定偏差的点频、一定的频率范围等)等条件。

4.9 串模抑制比(SMRR)

4.9.1 表述方法

采用串模电压与串模电压影响比值的分贝值表示,同时给出串模电压的频率或频率范围。

$$SMRR = 20\lg \frac{V_s}{|V_1 - V_0|} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

V_s ——串模扰动电压;

V_0 ——无串模扰动时的测量值;

V_1 ——有串模扰动时的测量值。

4.9.2 限定条件

仪器串模抑制比应符合技术要求所需的温度、湿度、气压、电源电压、电源频率、串模扰动电压的最大允许幅值、适用的频率(如:有一定偏差的点频、一定的频率范围)等条件。

4.10 零点(始点)漂移

4.10.1 表述方式

用一定时间段内的漂移量表示(如:1毫伏每月)。

4.10.2 限定条件

仪器零点(始点)漂移应符合技术要求的时间范围、温度、湿度、气压、电源电压、电源频率、始

点(当仪器下限不是零值时应给出仪器的始点的数值,若有多个始点值应分别给出)等条件。

4.11 仪器噪声

4.11.1 表述方法

用一定频率范围的噪声幅度谱密度表示(如:在 10 Hz ~ 300 Hz 范围内谱密度为 1 nV/Hz^{1/2})。

4.11.2 限定条件

仪器噪声应符合技术要求所需的电源电压、电源频率、观测场地环境、适用的频率范围(如:限指 10 Hz ~ 300 Hz 范围内)、仪器工作所处的状态(如:给定信号源的内阻)等条件。

5 技术参数的测试方法

5.1 最大允许误差的测试方法

5.1.1 测试设备连接

测试设备连接如图 1 所示。

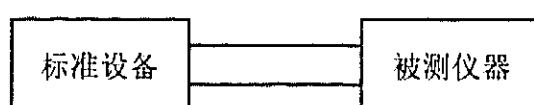


图 1 最大允许误差测试设备连接示意图

5.1.2 测试环境和测试时间

5.1.2.1 标准仪器(提供标准值的计量设备或标准器具)应在保证其正常工作所规定的温度、湿度、气压、电磁环境以及测量场地环境等条件下使用;被测仪器所处环境应符合其需要或规定的条件;标准仪器和被测仪器应在规定的环境中放置规定的时间;标准仪器和被测仪器应按各自的要求预热。

5.1.2.2 测试时间可在最大允许误差规定的时间范围内任意时间进行,一般宜在仪器校准后时间范围的初期、中期、末期进行。

5.1.3 标准值的选取

5.1.3.1 标准值应具备示值和修正值、扩展不确定度和包含因子。在测试时其示值应作为给定真值。如果标准值是由二个以上独立的标准值导出的,则每个标准值应有示值和修正值、扩展不确定度和包含因子。导出过程应按 JJF 1059 — 1999 第 5 章的规定进行,导出运算应符合附录 A 的规定,示值和扩展不确定度的数值应符合附录 B 的有效数字和有效位数表达方法。

5.1.3.2 对单一量程的仪器,宜在量程范围内选取从 0 至满度值的 11 个点,即按量程满度值的 10% 间隔选取测试值。

5.1.3.3 对多量程的仪器,每个量程均应按 5.1.3.2 条规定的方法选取。

5.1.3.4 当标准值不能覆盖仪器的量程时,应按所能提供的标准值选取。

5.1.4 测试过程(以一个标准值为例)

对一个标准值 x_R (修正值为 b),其扩展不确定度为 U_N (包含因子为 k),仪器在规定采样率下,连续测量 n (n 取 10 为宜)次,记录 n 个测量结果(x_i), $i=1, 2, 3, \dots, n$ 记录于表 1。

5.1.5 平均值、偏差值、测量值不确定度和最大误差的计算

平均值 $\bar{x}$ 的计算公式如下:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots\dots\dots(6)$$

标准偏差 S_x 的计算公式如下:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

表 1 最大允许误差测试记录表

测试时间:

第 页/共 页

标准值		显示值				最大误差 $ \Delta x_{\max} = \Delta x + U_x$ (单位)	最大允许误差 $ E_{\max} $ (单位)	备注
示值/ 修正值 x_R/b (单位)	扩展不确定 度/包含因子 U_N/k (单位)	单次值 x_i (单位)	平均值 $\bar{x}$ (单位)	偏差值 $\Delta x = \bar{x} - x_R - b$ (单位)	扩展不确 定度 U_x (单位)			
		1						
		2						
		3						
		4						
		5						
		6						
		7						
		8						
		9						
		10						
		1						
		2						
		3						
		4						
		5						
		6						
		7						
		8						
		9						
		10						

偏差值 Δx 的计算公式如下:

$$\Delta x = \bar{x} - x_R - b \dots\dots\dots(8)$$

测量值扩展不确定度 U_x 为:

$$U_x = 2 \sqrt{S_x^2 + (0.29\delta_x)^2 + (U_N/k)^2} \dots\dots\dots(9)$$

式中:

δ_x ——为仪器的分辨力；

K ——若标准值没有给出 k ， k 可取 $\sqrt{3}$ （按均匀分布对待）。

最大误差 $|\Delta x_{\max}|$ 为：

$$|\Delta x_{\max}| = |\Delta x| + U_x \quad \dots\dots\dots(10)$$

5.1.6 测试结果的判定

按仪器的最大允许误差指标计算的最大允许误差 $E_{\max}$ ，对每一个标准值的测量应满足 $|\Delta x_{\max}| \leq |E_{\max}|$ 。

5.2 线性度误差测试方法

5.2.1 测试设备的连接

测试设备的连接见第 5.1.1 条。

5.2.2 测试环境和测试时间

测试环境和测试时间要求同第 4.2.2 条的规定。

5.2.3 测试点的选取

每一量程，至少应选取从零至满度值均匀分布的 11 个点，即按满度值的 10% 间隔选取测试点。

5.2.4 测试过程

对每一个标准值 x ，测量 n 次（宜选 $n=10$ ），获得数据组 y_j ， $j=1, 2, 3, \dots, n$ ，求得 (y_j) 的平均值作为测量示值 y_i ：

$$y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \quad \dots\dots\dots(11)$$

按第 5.2.3 条选取 11 个标准值，按上述操作，获得标准值 x 的集合 (x_i) 和测量示值 y 的集合 (y_i) ， $i=1, 2, 3, \dots, 11$ 。

5.2.5 数据处理

5.2.5.1 计算拟合直线

测量示值 y 和标准值 x 的线性拟合关系为：

$$y = a + bx \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$b = L_{xy}/L_{xx} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$L_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$L_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad \dots\dots\dots(18)$$

5.2.5.2 计算线性偏差值 Δy_i

按 5.2.4 条选取的 11 个值分别计算线性偏差 Δy_i

$$\Delta y_i = y_i - (a + bx_i) \quad \dots\dots\dots(19)$$

式中：

(Δy_i) 集合中绝对值的最大值为 $\Delta y_{\max}$ ， $i=1, 2, 3, \dots, 11$ 。

5.2.5.3 测试结果的判定

设技术要求的线性度误差为 $d\%$ ，若 $|\Delta y_{\max}| \leq (d\% \times \text{满度值})$ ，则为合格。

5.3 分辨力的测试方法

5.3.1 分辨力测试的测试点

分辨力应在仪器的最高分辨力量程(最小量程)进行。

5.3.2 测试设备的连接

测试设备的连接如图 2。

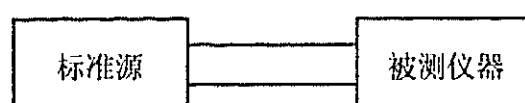


图 2 仪器分辨力测试设备连接示意图

5.3.3 测试环境

测试环境的要求应符合 4.3.2 条的规定。

5.3.4 测试点选取

测试点宜选在满度值的 10%、50% 和 90% 附近，共计三个测点。

5.3.5 测试步骤 (以一个测点为例)

5.3.5.1 被测仪器的最低位显示值是稳定的调节标准源上比测量仪器分辨力高一级的位，使被测仪器的末位显示值刚刚稳定，再以被测仪器的分辨力为步进量，依次递增(递减)。递增(递减)的次数以 5 次为宜。显示值随着标准值依次递增(减)即为合格。

5.3.5.2 被测仪器的最低位显示值是不稳定的(在最大允许误差范围内)调节标准源输出，增加(减少)一个被测仪器分辨力的输出量 x ，读取 n 个被测仪器的显示值 y_j , $j=1, 2, 3, \dots, n$ 。 n 以 10 为宜。计算 y_j 的平均值 y_i 及 $|y_i - y_{i+1}|$ 与 x 的比值 R_i

$$y_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$R_i = |y_i - y_{i+1}| / x \quad \dots\dots\dots(21)$$

连续递增 $x \frac{n}{2}$ 次，再递减 $\frac{n}{2}$ 次，读取相应读数，获得数组 $R_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ 。

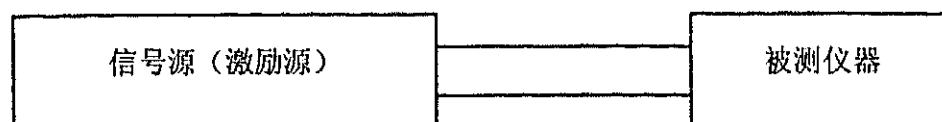
若所有 R_i 的值均在 0.5 ~ 1.5 范围内，即为满足要求。

5.3.5.3 按 5.3.4 条的规定选定 3 个值，并按 5.3.5.1 条或 5.3.5.2 条的规定操作，均能满足要求，则为合格。

5.4 幅频特性的测试方法

5.4.1 测试线路

测试设备连接如图 3。



注：信号源(激励源)技术要求：应能提供单一频率正弦波信号，频率稳定度优于 1%。

图 3 幅频特性测试设备连接示意图

5.4.2 测试频率 f_i 的选取

在测试频带范围内至少取 11 个频点，在频率范围外的 f_L 和 f_H 附近至少取二个频点。

5.4.3 测试过程

由信号源输出不同频率的信号 f_{in} ，其幅度为 V_{in} ；仪器输出信号的幅度为 V_{out} ，记入表 2 并对每一

个输入频率计算 $k = V_{out}/V_{in}$ 值。

表 2 幅频特性测试记录

f_{in}									
V_{in}									
V_{out}									
k									

5.4.4 测试结果的判定

表 2 的记录和计算结果符合或优于仪器技术指标给出的数据则为合格。

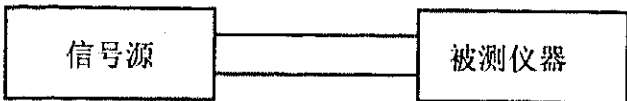
5.5 测量范围的测试方法

测试方法：在可测量的最大值和最小值二个测点上进行最大允许误差的测试，若最大允许误差符合要求则为合格。

5.6 相对谐波含量(总谐波失真度)的测试方法

5.6.1 测试线路

测试设备连接如图 4。



注：信号源的相对谐波含量(失真度)应小于被测仪器相对谐波含量(失真度)的 1/3。

图 4 相对谐波含量测试设备连接示意图

5.6.2 测试频率的选择

选择仪器通频带的几何中值。若仪器的通频带为 $f_L - f_H$ ，则测试频率 $f_0 = \sqrt{f_L \cdot f_H}$ 。

5.6.3 测试过程

信号源输出频率 f_0 ，将仪器输出数据进行 FT 变换获得信号的幅度谱，按式(3)计算相对谐波含量(总谐波失真度) ν 。

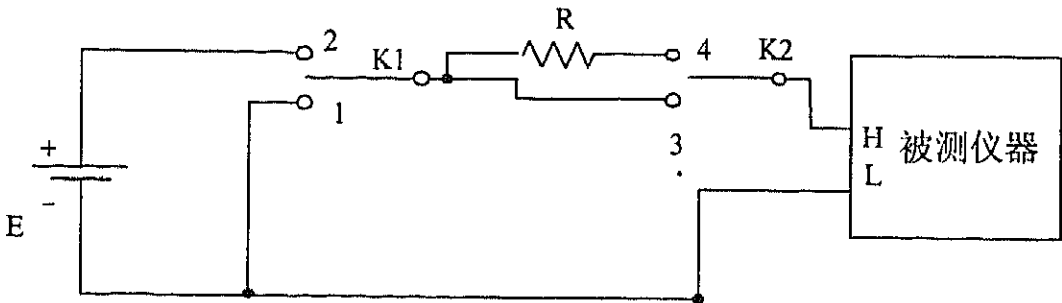
5.6.4 测试结果的判定

如 ν 不大于仪器技术要求规定的值，则为合格。

5.7 输入电阻和零电流的测试方法(仅对输入信号为电压的仪器)

5.7.1 测试线路

测试线路图如图 5。



注：E 为稳定电压源，R 取 $(10^5 \sim 10^7) \Omega$ 。

图 5 仪器输入电阻测试线路图

5.7.2 测试过程

当 K1、K2 处在下列位置时，分别读取被测仪器的不同指示数：

—— K1 置于 1，K2 置于 3 时，指示值为 U_{13} ；

—— K1 置于 1，K2 置于 4 时，指示值为 U_{14} ；

—— K1 置于 2，K2 置于 3 时，指示值为 U_{23} ；

—— K1 置于 2，K2 置于 4 时，指示值为 U_{24} 。

5.7.3 数据处理

根据上述读数，按式(22)和式(23)计算出被测仪器的输入电阻 R_i 和零电流 I_0 ：

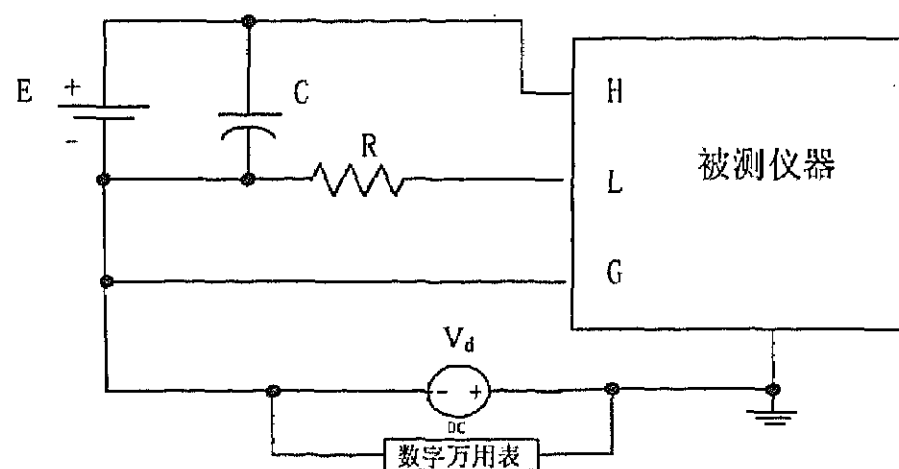
$$R_i = \frac{U_{24} - U_{14}}{(U_{23} - U_{24}) - (U_{13} - U_{14})} R \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$I_0 = U_{14} - U_{13}/R \quad \dots\dots\dots(23)$$

5.8 直流共模抑制比 ($CMRR_d$) 的测试方法 (仅对输入信号为电压的仪器)

5.8.1 测试设备的连接

测试设备连接如图 6。



注：

E —— 附加被测直流电压，可取仪器量程满度值的 10%；

C —— 0.47 μ F 的无感电容；

R —— 失谐电阻，取 1 k Ω ；

V_d —— 可调直流电压源。

图 6 仪器直流共模抑制比测试设备连接示意图

5.8.2 测试步骤

测试步骤如下：

a) 调节 V_d ，使 V_d 输出为 0，读取被测仪器显示值 V_0 ；

b) 调节 V_d ，使 V_d 输出达到仪器所允许的最大直流共模电压 $V_{d1\max}$ ，读取被测仪器显示值 V_1 ；

c) V_d 反向，使 V_d 输出达到仪器所允许的最大直流共模电压 $V_{d2\max}$ ，读取被测仪器显示值 V_2 。

5.8.3 计算直流共模抑制比 $CMRR_d$

$$CMRR_{d1} = 20 \lg \frac{V_{d1\max}}{|V_1 - V_0|} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots(24)$$

$$CMRR_{d2} = 20 \lg \frac{V_{d2\max}}{|V_2 - V_0|} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots(25)$$

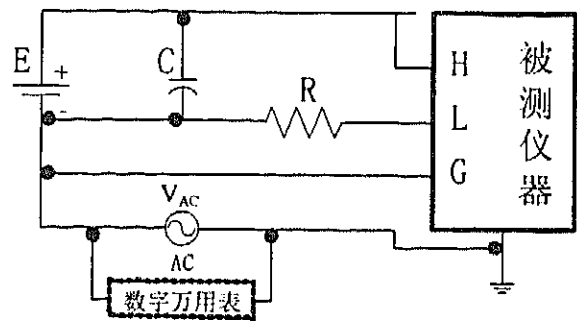
直流共模抑制比 $CMRR_d$ 为 $CMRR_{d1}$ 和 $CMRR_{d2}$ 中的最大值。

5.9 交流共模抑制比 $CMRR_a$ 的测试方法

5.9.1 测试设备的连接

测试设备连接如图 7，其中的测试用可调交流信号 V_{AC} 可采用一般的低频信号发生器经升压产生，

如图 8 所示。



注：
E —— 附加被测直流电压，可取仪器量程满度值的 10%；
C —— 0.47 μ F 的无感电容；
R —— 失衡电阻，取 1 k Ω ；
V_{AC} —— 可调交流信号源。

图 7 仪器交流共模抑制比测试设备连接示意图

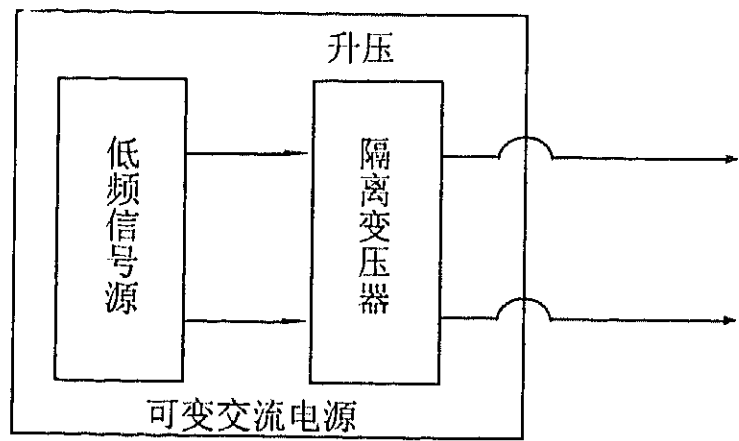


图 8 由低频信号源构成可变交流电源的示意图

5.9.2 交流信号源频率的确定

交流共模抑制比一般是针对某一特定频率或某一频段，如被测仪器无特别指定，交流信号频率的相对误差应不超过 $\pm 1\%$ 。

5.9.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 调节交流信号源输出为 0，被测仪器的显示值为 V_0 ；
- b) 调节交流信号源输出（峰值）达到被测仪器的最大允许交流共模电压 V_p ，被测仪的显示值为 V_1 。

5.9.4 交流共模抑制比 $CMRR_a$ 的计算

被测仪器的交流共模抑制比 $CMRR_a$ 为：

$$CMRR_a = 20 \lg \frac{V_p}{|V_2 - V_0|} \text{ (dB)} \dots\dots\dots (26)$$

5.10 交流串模抑制比 $SMRR_a$ 的测试方法

5.10.1 测试线路

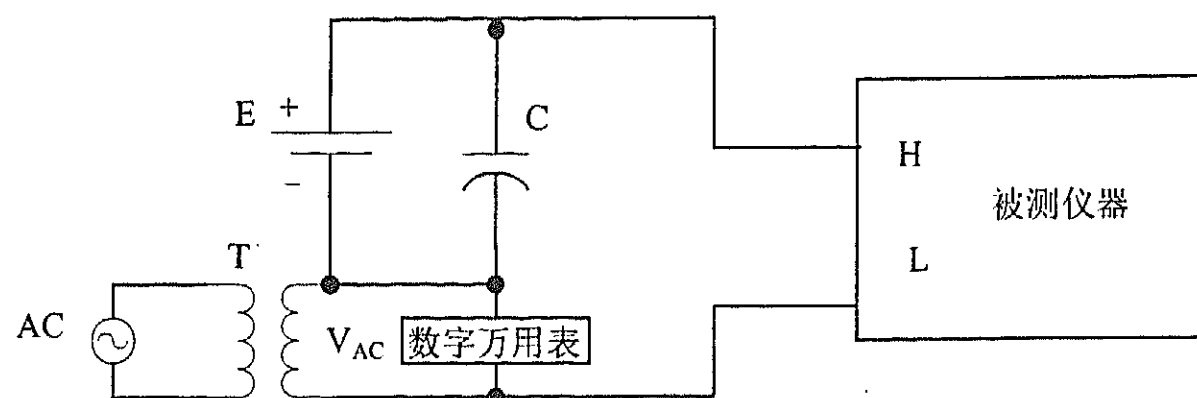
测试线路如图 9 所示。

5.10.2 交流信号频率的选取

交流串模抑制比，一般是针对某一特定的频率（如：50 Hz）。若被测仪器技术指标无特别指定，交流信号的频率误差应不超过 1%。

5.10.3 附加被测直流电压 E 的选取

E 宜为被测仪器量程满度值的 10% ~ 50%。



注:

AC —— 交流信号发生器;

T —— 隔离变压器;

V_{AC} —— 交流串模电压。

图 9 仪器交流串模抑制比测试线路图

5.10.4 测试步骤

测试步骤如下:

- 交流信号发生器输出为零, 读取被测仪器示值 V_0 ;
- 调节交流信号发生器输出, 使被测仪器的示值有明显变化, 读取交流串模电压 V_{AC} (有效值) 和仪器示值 V_1 。

注: V_{AC} 的峰值与 E 的和应不超过被测仪器当时的工作量程。

5.10.5 交流串模抑制比 $SMRR_a$ 的计算

交流串模抑制比 $SMRR_a$ 为

$$SMRR_a = 20 \lg \frac{\sqrt{2} V_{AC}}{|V_1 - V_0|} \text{ (dB)} \quad \dots\dots\dots (27)$$

5.11 零点漂移的测试方法

5.11.1 测试条件

测试条件应符合 4.10.2 条给定的条件。

5.11.2 测试过程

仪器对给定的零点 (或始点) 进行测量, 记录仪器的读数为 D_0 。保持仪器为开机状态, 经过给定的时间 T 后仪器再对给定的零点 (或始点) 进行测量, 记录仪器的读数为 D_1 ; 若仪器有多个始点, 则对每个始点均应重复上述测试过程。

5.11.3 测试数据处理

仪器在 T 时间段的漂移为 $D_1 - D_0$, 用 $(D_1 - D_0)/T$ 表述漂移量。

5.11.4 测试结果的判定

若对应零点 (或每个始点) 在 4.10.2 条规定的时间段内 $D_1 - D_0$ 都符合 4.10.1 条的要求则为合格。

5.12 仪器噪声的测试方法

5.12.1 测试条件

测试条件应符合 4.11.2 条给定的条件。

5.12.2 测试过程

- 仪器处于 4.11.2 条所规定的工作状态, 如仪器输入端接规定的电阻;
- 进行数据采集, 采样率为给定频率范围最高频率的 5 倍以上, 采集时间为给定频率范围最低频

率的倒数的 10 倍以上。

5.12.3 数据处理

对采集信号进行快速傅里叶分析，计算出给定频率范围内的幅度谱密度。

5.12.4 测试结果的判定

5.12.3 条中计算出的幅度谱密度符合仪器指标中给定的技术要求则为合格。

附 录 A
(规范性附录)
数据运算规则

A.1 多个近似数(不超过 10 个)作加、减运算时,小数位数较多的近似数,只需比小数位数最少的近似数多保留一位。而计算结果的小数位数,应与小数位数最少的那个近似数相同。

例如:

$$\begin{aligned} &1\,425.4 + 343.1 + 11.243 + 9.7427 \\ &\approx 1\,425.4 + 343.1 + 11.24 + 9.74 \\ &= 1\,789.48 \\ &\approx 1\,789.5 \end{aligned}$$

A.2 若参加运算的各数属同一数量级,且第一位数的大小相差较大时,为避免第一位数小的那个数的相对误差过大,可将其有效位数多保留一位。

A.3 两个近似数作乘、除运算时,有效位数较多的近似数,比有效位数少的多保留一位,计算结果应保留与有效位数少的那个相同的有效位数。例如:

$$3.142 \times 2.4 \approx 3.14 \times 2.4 = 7.536 \approx 7.5$$

A.4 在近似数作乘方或开方运算时,计算结果的有效位数与原来近似数(被乘方或开方数)的有效位数相同。

A.5 在三角函数的运算中,函数值的位数应随角度误差的减小而增多,当角度误差为 $10''$, $1''$, $0.1''$ 及 $0.01''$ 时,对应的函数值位数应为 5, 6, 7 及 8 位。

A.6 作对数运算时, n 位有效数字的数据应采用 n 位或 $(n + 1)$ 位对数表。

A.7 如运算所得的数据还要进行再运算,则该数据的有效位数可比应截取的位数暂时多保留一位数字。

A.8 表示误差范围的参数,如测量不确定度、标准差等,其有效位数一般为一位,最多为两位。

附 录 B
(规范性附录)
有效数字和有效位数

- B.1** 一个正确有效的测量数据,只允许最后一位不准确。
- B.2** 一个数据,从第一个非“0”的数字开始,到(包括)最后一位唯一不准确的数字为止,都是有效数字,有效数字的位数,叫做有效位数。
- B.3** 有效位数后面的数字,即多余的位数,应按下列数据修约规定处理:
- a) 拟舍弃的数字最左一位小于5时舍去。如34.945修约成3位则为34.9(拟舍弃的数字为45,最左一位为4)。
 - b) 拟舍弃的数字最左一位大于5时(包括等于5而其后还有非“0”的数字)则进1,即保留的末位数再加1。如34.965修约成3位则为35.0(不能写成35)。
 - c) 拟舍弃的数字最左一位恰好等于5(其后没有数字或皆为“0”),则看“5”前面的数字为奇数时去5进1,为偶数时去5不进,即使数据的末位数总是偶数。如573.5及74 650,都修约成三位则分别为574和 746×10^2 。
- B.4** 近似数右边带有若干个“0”的数字,应写成 $a \times 10^n$ 形式($1 \leq a < 10$),有效位数由 a 确定,如 2.40×10^3 和 2.4×10^3 分别表示为有3位和2位有效数字。

参 考 文 献

- GB 3100 ~ 3102 — 1993 《量和单位》
- GB/T 6592 — 1996 《电工和电子测量设备性能表示》
- GB 11464 — 1989 《电子测量仪器术语》
- GB 11933.1 — 1989 《地质仪器术语 通用术语》
- GB/T 13970 — 1992 《数字仪表基本参数系列》
- GB/T 13983 — 1992 《仪器仪表基本术语》
- JJF 1001 — 1998 《通用计量术语及定义》
- JJF 1023 — 1991 《常用电学计量名词术语》
- JJG 315 — 1983 《直流数字电压表》
- 国家质量技术监督局计量司组编,《测量不确定度评定与表示指南》宣贯教材,北京:中国计量出版社,2000
- 国家质量技术监督局计量司组编,测量不确定度评定和表示指南,北京:中国计量出版社,2000
- 国家质量技术监督局计量司组编,通用计量术语及定义解释,北京:中国计量出版社,2001
- 梁晋文等,误差理论与数据处理,8~9,北京:中国计量出版社,2001
-

中 华 人 民 共 和 国
地 震 行 业 标 准
地震观测仪器进网技术要求
常用技术参数表述与测试方法
DB/T 21 — 2007

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

邮政编码：100081

电话：68462709

北京地大彩印厂印刷

*

开本 880 × 1230 1/16 印张 1.5 字数 48 千字

2007 年 5 月第一版 2007 年 5 月第一次印刷

印数 001 — 800

*

书号：135028 · 3802 定价 12.00 元

地震版 XT200700127

版权专有 不得翻印