**地电场仪校准规范**

**试验报告**

《地电场仪校准规范》编写组

2024年9月

目 录

**[一、试验目的](#_Toc178578325)** [1](#_Toc178578325)

**[二、试验人员和试验时间](#_Toc178578326)** [1](#_Toc178578326)

**[三、试验方法](#_Toc178578327)** [1](#_Toc178578327)

**[四、试验结果](#_Toc178578328)** [2](#_Toc178578328)

[（1）电压测量误差校准 2](#_Toc178578329)

[（2）电压测量分辨力校准 3](#_Toc178578330)

**[五、试验结论](#_Toc178578331)** [4](#_Toc178578331)

**一、试验目的**

目前在通过中国地震局定型地电场仪型号只有GEF-II和DCY-I型地电场仪，规程编制过程中选取这两款设备作为校准对象（详见表1）。

按按照编制完成的《地电场仪校准规范》征求意见稿中的校准项目和校准方法，在中国地震局地震预测研究所和中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所对GEF-II和DCY-I型地电场仪进行校准试验。验证该校准规范的科学合理和可行性。

表1 地电场仪信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 仪器名称 | 型号 | 制造单位 | 主要技术指标 |
| 地电场仪 | DCY-I | 中国地震局地震预测研究所 | * 测量电压最大误差：±（0.1%读数+0.02%满度）。 * 测量电压分辨力：10μV 。 * 测量范围：-1000.00 mV～1000.00 mV。 |
| 地电场仪 | GEF-II | 中国地震局地壳应力研究所 | * 测量电压最大误差：±（0.1%读数+0.02%满度）。 * 测量电压分辨力：10μV 。 * 测量范围：-1000.00 mV～1000.00 mV。 |

**二、试验人员和试验时间**

中国地震局地震预测研究所：张宇，张兴国，2022年10月24日和2023年8月14日

中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所：黄晓铮,2024年3月22日

**三、试验方法**

（1）校准项目

采用校准规范中确定的校准方法对地电场仪电压测量误差进行校准，对电压测量分辨力进行检查。

（2）试验条件和设备

表2 试验条件和设备

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准地点 | 时间 | 试验条件 | 主要设备 | 被测设备型号和编号 | 试验项目 |
| 1 | 中国地震局地震预测研究所地电仪器检测试验室 | 2022年10月24日  2023年8月14日 | 温度：20℃~23℃  湿度：32.5%~45.2%  无强电磁干扰 | 多功能校准源FLUKE5720A  直流电压：  （1）量程： 0V - ±1100V；  （2）分辨率：10nV;  （3）准确度：95%置信度，1年最优为 3.5 ppm + 2.5 ﻿µV；  溯源机构/证书编号：  东方计量测试研究所，DD23-0043  有效期：2024-01-10 | DCY-I地电场仪（编号X341IOES2106）  DCY-I地电场仪（编号X341IOES2211）  GEF-II地电场仪（编号20180020） | 电压测量误差  电压测量分辨力 |
| 2 | 中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所（304所） | 2024年3月22日 | 温度：19.8℃  湿度：49%  无强电磁干扰 | 多功能校准器  DCV：10mV~1000V  准确度或不确定度  DCV：±（0.00037%~0.00094%）  溯源机构/证书编号：  计量院，DCjd2024-00496  有效期：2025-03-20 | DCY-I地电场仪：（编号X341IOES2106） | 电压测量误差 |

**四、试验结果**

（1）电压测量误差校准

按照校准规范图2将地电场仪的电压测量端与FLUKE5720A多功能校准源的电压输出端相连，按照7.3.2节方法对电压测量误差进行校准，将地电场仪各通道10次电压测量均值结果计入电压测量原始记录。

表3 DCY-I地电场仪（编号X341IOES2106）预测所电压测量误差原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通道 | 标准电压值*VN*/ mV | | | | | | | | |
| 1000.000 | 100.000 | 10.000 | 1.000 | 0.000 | -1.000 | -10.000 | -100.000 | -1000.000 |
| 1 | 1000.001 | 99.994 | 9.996 | 0.995 | -0.005 | -10.005 | -100.002 | -100.002 | -999.999 |
| 2 | 999.994 | 99.994 | 9.997 | 0.998 | -0.002 | -10.001 | -99.996 | -99.996 | -999.971 |
| 3 | 1000.003 | 99.996 | 9.998 | 0.999 | -0.001 | -10 | -99.998 | -99.998 | -1000.003 |
| 4 | 1000.006 | 99.997 | 9.999 | 1 | 0 | -9.998 | -99.996 | -99.996 | -1000.011 |
| 5 | 1000.009 | 99.997 | 9.999 | 0.999 | -0.001 | -10.001 | -99.999 | -99.999 | -1000.002 |
| 6 | 999.99 | 99.993 | 9.997 | 0.997 | -0.003 | -10.003 | -99.998 | -99.998 | -999.976 |
| 最大误差 | 0.010 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.029 |
| 不确定度/μV | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

表4 DCY-I地电场仪（编号X341IOES2211）预测所电压测量误差原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通道 | 标准电压值*VN*/ mV | | | | | | | | |
| 1000.000 | 100.000 | 10.000 | 1.000 | 0.000 | -1.000 | -10.000 | -100.000 | -1000.000 |
| 1 | 1000.007 | 100.000 | 10.002 | 1.002 | 0 | -0.999 | -9.999 | -100.000 | -1000.043 |
| 2 | 1000.009 | 99.999 | 10.002 | 1.002 | 0.001 | -0.999 | -9.998 | -99.999 | -1000.034 |
| 3 | 1000.003 | 99.999 | 10.002 | 1.002 | 0.001 | -0.998 | -9.997 | -99.995 | -1000.000 |
| 4 | 1000.004 | 99.998 | 10 | 1 | -0.001 | -1.001 | -10 | -99.999 | -1000.019 |
| 5 | 1000.005 | 99.999 | 10.002 | 1.002 | 0.001 | -0.999 | -9.998 | -99.996 | -1000.013 |
| 6 | 1000.005 | 100.000 | 10.001 | 1.001 | 0.001 | -0.999 | -9.998 | -99.999 | -1000.035 |
| 最大误差 | 0.009 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.04 |
| 不确定度/μV | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 |

表5 GEF-II地电场仪（编号20180020）预测所电压测量误差原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通道 | 标准电压值*VN*/ mV | | | | | | | | |
| 1000.000 | 100.000 | 10.000 | 1.000 | 0.000 | -1.000 | -10.000 | -100.000 | -1000.000 |
| 1 | 999.939 | 99.983 | 9.999 | 0.992 | -0.009 | -1.001 | -10 | -99.994 | -999.929 |
| 2 | 999.93 | 99.981 | 9.998 | 0.991 | -0.01 | -1.003 | -10.002 | -99.996 | -999.927 |
| 3 | 1000.009 | 99.993 | 10.004 | 0.996 | -0.005 | -0.997 | -9.997 | -99.998 | -1000.001 |
| 4 | 999.95 | 99.982 | 9.996 | 0.99 | -0.011 | -1.004 | -10.003 | -99.999 | -999.956 |
| 5 | 999.9 | 99.978 | 9.996 | 0.99 | -0.011 | -1.004 | -10.003 | -99.994 | -999.909 |
| 6 | 999.963 | 99.983 | 9.996 | 0.989 | -0.012 | -1.006 | -10.005 | -100.003 | -999.98 |
| 最大误差 | 0.100 | 0.022 | 0.004 | 0.011 | 0.015 | 0.006 | 0.005 | 0.006 | 0.091 |
| 不确定度/μV | 15 | 10 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 15 |

表6 DCY-I地电场仪（编号X341IOES2106）304所电压测量误差原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 通道 | 标准电压值*VN*/ mV | | | | | | | |
| 1000.000 | 100.000 | 10.000 | 1.000 | -1.000 | -10.000 | -100.000 | -1000.000 |
| 1 | 1000.087 | 100.007 | 9.999 | 0.998 | -1.006 | -10.008 | -100.006 | -1000.012 |
| 2 | 1000.012 | 99.997 | 9.996 | 0.996 | -1.006 | -10.009 | -100.007 | -1000.005 |
| 3 | 1000.013 | 100.000 | 9.999 | 0.000 | -1.005 | -10.008 | -100.005 | -1000.011 |
| 4 | 1000.000 | 99.999 | 9.997 | 0.996 | -1.007 | -10.008 | -100.004 | -1000.022 |
| 5 | 1000.020 | 99.997 | 9.999 | 0.996 | -1.007 | -10.009 | -100.007 | -1000.004 |
| 6 | 999.955 | 99.993 | 9.998 | 0.998 | -1.004 | -10.005 | -100.001 | -999.979 |
| 最大误差 | 0.045 | 0.007 | 0.004 | 0.004 | 0.007 | 0.005 | 0.007 | 0.021 |
| 不确定度/μV | 9 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 9 |

地电场仪电压测量误差校准结果的不确定度主要来源于电压测量的重复性、多功能校准源输出电压的精度以及被校仪器的电压测量分辨力。根据JJF1059-2012《测量不确定度评定与表示》的要求，依次评定上述不确定度来源引入的不确定度分量，并计算合成标准不确定度和扩展不确定度。

（2）电压测量分辨力校准

按照校准规范图2将地电场仪的电压测量端与FLUKE5720A多功能校准源的电压输出端相连，按照7.2.2方法输出标准电压值和增加被校仪器的电压分辨力填入原始记录。

表7 DCY-I地电场仪（编号X341IOES2106）电压测量分辨力原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准电压 | 通道 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1000/mV | 999.98 | 999.968 | 999.99 | 1000.009 | 999.998 | 999.968 |
| 1000mV+10μV | 999.994 | 999.981 | 1000.004 | 1000.023 | 1000.009 | 999.98 |
| /μV | 14 | 13 | 14 | 14 | 11 | 12 |
|  | 1.4 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.1 | 1.2 |
| 600/mV | 599.993 | 599.983 | 599.999 | 600.012 | 600.001 | 599.981 |
| 600 mV+10μV | 600.001 | 599.992 | 600.008 | 600.022 | 600.01 | 599.99 |
| /μV | 8 | 9 | 9 | 10 | 9 | 9 |
|  | 0.8 | 0.9 | 0.9 | 1 | 0.9 | 0.9 |
| 10/mV | 9.999 | 10.001 | 10.005 | 10 | 9.996 | 9.999 |
| 10 mV+10μV | 10.008 | 10.009 | 10.014 | 10.008 | 10.006 | 10.008 |
| /μV | 9 | 8 | 9 | 8 | 10 | 9 |
|  | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 1 | 0.9 | 0.8 |
| 注：  1. 基值电压取1000mV，600mV和10mV；  2. 、—增加步进量δ电压后多次电压测量值的算术平均值；  3. —被校仪器的能够有效分辨的最小电压示值差，；  4. —与的比值。 | | | | | | |

表8 DCY-I地电场仪（编号X341IOES2211）电压测量分辨力原始记录

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准电压 | 通道 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1000/mV | 1000.016 | 1000.022 | 999.999 | 1000.003 | 1000.007 | 1000.009 |
| 1000mV+10μV | 1000.028 | 1000.033 | 1000.01 | 1000.014 | 1000.019 | 1000.02 |
| /μV | 12 | 11 | 11 | 11 | 12 | 11 |
|  | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| 600/mV | 600.008 | 600.008 | 600.001 | 600.000 | 600.001 | 600.007 |
| 600 mV+10μV | 600.018 | 600.019 | 600.010 | 600.010 | 600.011 | 600.017 |
| /μV | 10 | 11 | 9 | 10 | 10 | 10 |
|  | 1 | 1.1 | 0.9 | 1 | 1 | 1 |
| 10/mV | 10.001 | 10.001 | 10.001 | 10.001 | 10.001 | 10.001 |
| 10 mV+10μV | 10.008 | 10.008 | 10.008 | 10.007 | 10.007 | 10.008 |
| /μV | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 |
|  | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| 注：  1. 基值电压取1000mV，600mV和10mV；  2. 、—增加步进量δ电压后多次电压测量值的算术平均值；  3. —被校仪器的能够有效分辨的最小电压示值差，；  4. —与的比值。 | | | | | | |

**五、试验结论**

通过对地震地电台网定型设备DCY-I和GEF-II地电场仪的试验验证，证明了《地电场仪校准规范》能够很好的评价和反映地震监测用地电场仪的电压测量误差和电压测量分辨力的真实情况，实现了量值的传递，是科学合理的和可行的。