地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范

测量不确定度评定报告

《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》编写组

2023年12月

1. 1 引言
2. 地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范的比测项目有1项涉及测量不确定度，为比测仪器地电阻率测量值与参考仪器地电阻率测量值的差值误差。
3. 2 概述
4. 在直流地电阻率仪台站比测技术规范的数据一致性分析中，参考仪器和比测仪器使用同一观测装置，两者观测数据的差值应满足规定的技术指标值，在这其中为：
5. （1）

式中：

*—*比测仪器与参考仪器的地电阻率测量值的差值，Ωm；

—参考仪器地电阻率测量值，Ωm；

—比测仪器地电阻率测量值，Ωm。

那么比测仪器地电阻率测量值与参考仪器地电阻率测量值的差值误差不确定度由参考仪器测量误差不确定度和比测仪器测量误差不确定度引入。

1. 3 参考仪器测量误差不确定评定

3.1参考仪器

参考仪器地电阻率测量的分辨力为0.01Ωm，最大允许误差为±(0.1%读数+0.02)Ωm。

3.2 测量标准

依据本规范中地电阻率测量误差方法建立地电阻率校准装置，选用BZ3型阻值为0.01Ω，准确度等级为0.01级的标准电阻。

3.3 测量方法

依据本规范中地电阻率测量误差方法，以供电电流I=2.0A时为例，使用的直流稳流供电设备需满足DB/T 33.1-2009中6.3条对测量仪器主要技术指标的要求。

3.4 测量环境

温度：18℃~23℃，相对湿度：≤80%。

3.5 测量模型

设为地电阻率标准值，地电阻率多次测量值的算术平均值为地电阻率的测得值。根据使用说明书可知，对于标准电阻和直流地电阻率仪，在标准条件下，温度、湿度等带来的影响可忽略，由此可得到：

（2）

式中：

—被校仪器的地电阻率测量误差，Ωm；

—被校仪器多次地电阻率测量值的算术平均值，Ωm；

—地电阻率标准值，Ωm。

根据地电阻率计算公式可知，由装置系数K与地电阻率校准装置中标准电阻的阻值计算得到，并且还需考虑到比测仪器的地电阻率测量分辨力对测量数据的影响，则最终的测量模型为：

（3）

式中：

—被校仪器的地电阻率测量误差；

—被校仪器多次地电阻率测量值的算术平均值，Ωm；

—在装置系数为*K*时的地电阻率标准值，Ωm；

—被校仪器地电阻率测量分辨力对测量结果的影响，Ωm；

*K*—被校仪器设定的装置系数，此处*K*=1000·m；

—标准电阻，阻值为0.01Ω，准确度等级为0.01级。

3.6标准不确定度评定

3.6.1 由地电阻率测量重复性引入的标准不确定度

评定由地电阻率测量重复性引入的标准不确定度。直流地电阻率仪设置装置系数*K*=1000m，供电电流为2.0A，在相同环境条件下，重复测量10次，获得测量数据见表1。

表1 参考仪器地电阻率重复测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| **测量次数** | **测量值/Ωm** |
| 1 | 10.00 |
| 2 | 10.00 |
| 3 | 10.00 |
| 4 | 10.00 |
| 5 | 10.00 |
| 6 | 10.00 |

测量数据的算术平均值=10.00 Ωm。

根据贝塞尔公式计算多次测量数据的标准偏差：

0 Ωm

式中：

—比测仪器单次测量数据的标准偏差，Ωm；

—比测仪器第*i*次的地电阻率测量值，Ωm；

—比测仪器多次地电阻率测量值的算术平均值，Ωm；

*n*—重复测量的次数，此处*n*=6。

校准时取多次测量数据的算术平均值作为最终的地电阻率测得值，故由测量重复性引入的标准不确定度为：

0 Ωm

式中：

—被校仪器单次测量数据的标准偏差，Ωm；

*n*—重复测量的次数，此处*n*=6。

3.6.2由地电阻率校准装置引入的标准不确定度

地电阻率校准装置提供了地电阻率标准值，它是由标准电阻的阻值与装置系数*K*的乘积得到的，由于*K*为一个常数，则的测量不确定度是由标准电阻的精度引入的。

在标准条件下可忽略环境温度对标准电阻值的影响，已知采用的标准电阻的阻值为0.01Ω，准确度等级为0.01级，则该标准电阻在要求温度下具有的最大偏差为：

Ω

评定由标准电阻的精度引入的标准不确定度。记为该标准电阻阻值误差的区间半宽度，即Ω。在区间范围内认为误差服从均匀分布，取包含因子，则得到标准电阻的标准不确定度为：

Ω

因此，由地电阻率校准装置引入的标准不确定度为：

Ωm

3.6.3由比测仪器的地电阻率测量分辨力引入的标准不确定度

评定由被校仪器对地电阻率测量分辨力引入的标准不确定度。根据说明书已知，被校仪器的地电阻率仪的地电阻率测量分辨力Ωm。

记为地电阻率测量分辨力的区间半宽度，则Ωm，在区间范围内认为服从均匀分布，取包含因子。因此，由被校仪器的地电阻率测量分辨力引入的标准不确定度为：

Ωm

3.7 合成标准不确定度评定

3.7.1 灵敏系数

各不确定度的灵敏度系数由公式（3）计算得到：

1

-1

1

3.7.2不确定度分量汇总表

不确定度分量汇总见表2。

表2 参考仪器地电阻率测量误差校准不确定度分量表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **不确定度分量** | **不确定度来源** | **分布类型** | **灵敏系数** | **标准不确定度值/Ωm** |
|  | 地电阻率测量重复性引入 | 正态分布 |  | 0 |
|  | 地电阻率校准装置引入 | 均匀分布 |  | 0.001 |
|  | 地电阻率测量分辨力引入 | 均匀分布 |  | 0.003 |

3.7.3 合成标准不确定度计算

各输入量之间都是相互独立的，因此可以直接按照方和根的方法计算合成标准不确定度。但是由于在计算地电阻率测量重复性引入的不确定度时所用的每一个测量数据都已受到了地电阻率测量分辨力的影响，从而在中已包含了地电阻率测量分辨力效应导致的结果，即地电阻率测量重复性和分辨力引入的不确定度存在重复，这种情况下，在合成时取、二者中较大的值与由地电阻率校准装置引入的标准不确定度进行计算。因此，合成标准不确定度为：

Ωm

1. 4 比测仪器测量误差不确定评定

4.1比测仪器

比测仪器地电阻率测量的分辨力为0.01Ωm，最大允许误差为±(0.1%读数+0.02)Ωm。

4.2 测量标准

依据本规范中地电阻率测量误差方法建立地电阻率校准装置，选用BZ3型阻值为0.01Ω，准确度等级为0.01级的标准电阻。

4.3 测量方法

依据本规范中地电阻率测量误差方法，以供电电流*I*=2.0A时为例，使用的直流稳流供电设备需满足DB/T 33.1-2009中6.3节对测量仪器主要技术指标的要求。

4.4 测量环境

温度：18℃~23℃，相对湿度：≤80%。

4.5 测量模型

设为地电阻率标准值，地电阻率多次测量值的算术平均值为地电阻率的测得值。根据使用说明书可知，对于标准电阻和直流地电阻率仪，在标准条件下，温度、湿度等带来的影响可忽略，由此可得到：

（4）

式中：

—被校仪器的地电阻率测量误差，Ωm；

—被校仪器多次地电阻率测量值的算术平均值，Ωm；

—地电阻率标准值，Ωm。

根据地电阻率计算公式可知，由装置系数*K*与地电阻率校准装置中标准电阻的阻值计算得到，并且还需考虑到比测仪器的地电阻率测量分辨力对测量数据的影响，则最终的测量模型为：

（5）

式中：

—被校仪器的地电阻率测量误差；

—被校仪器多次地电阻率测量值的算术平均值，Ωm；

—在装置系数为*K*时的地电阻率标准值，Ωm；

—被校仪器地电阻率测量分辨力对测量结果的影响，Ωm；

*K*—被校仪器设定的装置系数，此处*K*=1000·m；

—标准电阻，阻值为0.01Ω，准确度等级为0.01级。

4.6标准不确定度评定

4.6.1 由地电阻率测量重复性引入的标准不确定度

评定由地电阻率测量重复性引入的标准不确定度。直流地电阻率仪设置装置系数*K*=1000m，供电电流为2.0A，在相同环境条件下，重复测量10次，获得测量数据见表2。

表2 比测仪器地电阻率重复测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 测量次数 | 测量值/Ωm |
| 1 | 10.02 |
| 2 | 10.01 |
| 3 | 10.01 |
| 4 | 10.00 |
| 5 | 10.01 |
| 6 | 10.01 |

测量数据的算术平均值=10.01 Ωm。

根据贝塞尔公式计算多次测量数据的标准偏差：

0.006 Ωm

式中：

—比测仪器单次测量数据的标准偏差，Ωm；

—比测仪器第*i*次的地电阻率测量值，Ωm；

—比测仪器多次地电阻率测量值的算术平均值，Ωm；

*n*—重复测量的次数，此处*n*=10。

校准时取多次测量数据的算术平均值作为最终的地电阻率测得值，故由测量重复性引入的标准不确定度为：

0.002 Ωm（4）

式中：

—比测仪器单次测量数据的标准偏差，Ωm；

*n*—重复测量的次数，此处*n*=6。

4.6.2由地电阻率校准装置引入的标准不确定度

地电阻率校准装置提供了地电阻率标准值，它是由标准电阻的阻值与装置系数*K*的乘积得到的，由于*K*为一个常数，则的测量不确定度是由标准电阻的精度引入的。

在标准条件下可忽略环境温度对标准电阻值的影响，已知采用的标准电阻的阻值为0.01Ω，准确度等级为0.01级，则该标准电阻在要求温度下具有的最大偏差为：

Ω

评定由标准电阻的精度引入的标准不确定度。记为该标准电阻阻值误差的区间半宽度，即Ω。在区间范围内认为误差服从均匀分布，取包含因子，则得到标准电阻的标准不确定度为：

Ω

因此，由地电阻率校准装置引入的标准不确定度为：

Ωm

4.6.3由比测仪器的地电阻率测量分辨力引入的标准不确定度

评定由被校仪器对地电阻率测量分辨力引入的标准不确定度。根据说明书已知，被校仪器的地电阻率仪的地电阻率测量分辨力Ωm。

记为地电阻率测量分辨力的区间半宽度，则Ωm，在区间范围内认为服从均匀分布，取包含因子。因此，由被校仪器的地电阻率测量分辨力引入的标准不确定度为：

Ωm

4.7 合成标准不确定度评定

4.7.1 灵敏系数

各不确定度的灵敏度系数由公式（2）计算得到：

1

-1

1

4.7.2不确定度分量汇总表

不确定度分量汇总见表2。

表2 比测仪器地电阻率测量误差校准不确定度分量表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | 分布类型 | 灵敏系数 | 标准不确定度值/Ωm |
|  | 地电阻率测量重复性引入 | 正态分布 |  | 0.002 |
|  | 地电阻率校准装置引入 | 均匀分布 |  | 0.001 |
|  | 地电阻率测量分辨力引入 | 均匀分布 |  | 0.003 |

4.7.3 合成标准不确定度计算

各输入量之间都是相互独立的，因此可以直接按照方和根的方法计算合成标准不确定度。但是由于在计算地电阻率测量重复性引入的不确定度时所用的每一个测量数据都已受到了地电阻率测量分辨力的影响，从而在中已包含了地电阻率测量分辨力效应导致的结果，即地电阻率测量重复性和分辨力引入的不确定度存在重复，这种情况下，在合成时取、二者中较大的值与由地电阻率校准装置引入的标准不确定度进行计算。因此，合成标准不确定度为：

Ωm

1. 5 参考仪器和比测仪器测量差值误差不确定度评定

5.1 灵敏系数

各不确定度的灵敏度系数由公式（1）计算得到：

1

-1

5.2 合成标准不确定度计算

各输入量之间都是相互独立的，因此可以直接按照方和根的方法计算合成标准不确定度，合成标准不确定度为：

Ωm

5.3 计算扩展不确定度

选取包含因子*k*=2，则在装置系数*K* =1000m，供电电流*I*=2.0A时，被校仪器地电阻率测量误差的扩展不确定度为：

Ωm