《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》

编写说明

《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》编写组

2024年09月

目录

[一、任务来源 1](#_Toc177830148)

[二、规范编写的背景、目的和意义 1](#_Toc177830149)

[2.1规范编写背景 1](#_Toc177830150)

[2.2编写的目的和意义 1](#_Toc177830151)

[三、编写依据 2](#_Toc177830152)

[四、编写过程 3](#_Toc177830153)

[4.1编写单位 3](#_Toc177830154)

[4.2主要工作过程 3](#_Toc177830155)

[五、规范编写说明 6](#_Toc177830156)

[5.1 关于范围 7](#_Toc177830157)

[5.2关于引用文件 7](#_Toc177830158)

[5.3 关于术语和计量单位 7](#_Toc177830159)

[5.4关于概述 7](#_Toc177830160)

[5.5关于比测技术要求 8](#_Toc177830161)

[5.6关于比测条件 9](#_Toc177830164)

[5.7关于比测项目及方法 13](#_Toc177830165)

[5.8关于比测结果表达 17](#_Toc177830166)

[5.9关于附录 17](#_Toc177830167)

# 一、任务来源

经全国地震专用计量测试技术委员会申报，2022年7月国家计量技术规范制修订项目获得国家市场监督管理总局的批复立项（《市场监管总局办公厅关于印发2022年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》(市监计量发[2022]70号)），江苏地震局所负责其中《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》的编写任务。《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》归口于全国地震专用计量测试技术委员会。

# 二、规范编写的背景、目的和意义

2.1规范编写背景

地电阻率观测以地球介质的电性特征为目标，获取孕震应力下电阻率的时空演化特征，是地震预测和孕震过程综合研究的重要的观测手段。地震观测中仪器的工作性能、采集数据的质量一直是中国地震局各级管理部门重视的问题，针对此问题，中国地震局各部门编写了一系列的国标、行标和规范来验证观测仪器的性能。但实际的测试过程中，入网的观测仪器停留在生产测试和出厂测试，并未有接入野外观测装置进行长期的实验观测，未能连接观测装置实地检验仪器在使用中的观测效果，未能考虑台站实际工作中仪器对自然环境复杂变化的响应特性，同时也未有此类规范来衡量比测仪器。

为了确保地电阻率仪器的长期稳定性、观测数据一致性和台站适应性和在台站野外观测装置下的比测有据可依，依托现行的地电行业台站建设标准建设的直流地电阻率仪比测场地、现有的行业规范要求的比测环境与基础设备和具有较强的理论基础及丰富的观测经验的专家团队，编写《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》，规范比测流程、方法及技术要求等内容，即依托于地电台站野外观测装置，将多台仪器连接同一观测装置，进行长时间比测。在比测期间，通过对仪器的检查、标定和数据分析来研究仪器在台站野外装置下使用的长期稳定性和台站适应性。对比分析观测数据是否与目前观测的仪器设备在野外观测装置下的变化一致，确保直流地电阻率仪的性能和产出稳定可靠的观测数据，保证目前总结得到的震例对将来的预测发挥效能。

2.2编写的目的和意义

本规范作为地电阻率仪器台站比测技术规范，调研和总结了我国地电阻率观测以来的经验与观测技术发展历程，认真研究了《地震台站建设规范地电台站第1部分：地电阻率台站》（DB/T 18.1-2006）、《地震地电观测方法地电阻率观测第1部分：单极距观测》（DB/T 33.1-2009）、《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》（DB/T 29.1-2008）中地电阻率仪器入网技术要求，在此基础上，以直流地电阻率仪器的比测工作为核心，充分考虑连接观测装置条件下的仪器在使用中的观测效果和台站实际工作中仪器对自然环境复杂变化的响应特性，编写《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》，表述了地震系统中地电阻率仪器在台站实际观测过程中的技术要求和比测方法，规定了装置检测结果、功能检测结果、电压最大允许误差测试结果、电阻率最大允许误差测试结果、电阻率测量误差测试结果、连续率、有效率、故障统计、观测资料精度、数据一致性等。从多个方面考虑地电阻率仪器台站比测，为以后的地电阻率仪器台站比测工作有据可依，进而保障地电阻率设备适应台站野外观测和产出可靠的观测数据，提高直流地电阻率仪器的溯源性，确保观测资料在地震预测中发挥效能。

# 三、编写依据

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059. 1-2012 《测量不确定度评定与表示》中的要求进行了编写。

本规范参考了《DB/T 18.1-2006 地震台站建设规范地电台站第1部分：地电阻率台站》、《DB/T 29.1-2008 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》、《DB/T 33.1-2009地震地电观测方法地电阻率观测第1部分：单极距观测》、JJG 166-2022《直流标准电阻器检定规程》、JJG 153-1996《标准电池检定规程》、JJG 123-2004《直流电位差计检定规程》相关定义和技术内容，以积累的直流地电阻率观测数据和直流地电阻率仪台站运维经验为基础，通过广泛调研，本着完整性、统一性、科学性和实用性为基本原则进行编写。

# 四、编写过程

4.1编写单位

主要编写单位：江苏省地震局。

参与编写单位：中国地震局地震预测研究所、甘肃省地震局。

4.2主要工作过程

从2019年01月至2022年09月，在调研和总结了我国地电阻率观测以来的经验与观测技术发展历程和地电阻率仪器相关规范的基础上进行预研究，预研究阶段共召开了四次工作会议，充分讨论与修订规范内容。各次会议的时间、主要议题及成果如下。

1、第一次规范技术讨论

在2019年5月7日前，编写完成规范第一稿，该稿内容主要包含以下部分：

（1）观测系统技术要求：地电阻率仪、供电电源、检定系统、观测装置、观测系统检测结果。

（2）被比测仪器技术要求：使用条件、性能指标要求、功能要求、被比测仪器技术要求检测结果。

（3）被比测仪器工作质量：被比测仪器运行前检定、被比测仪器运行故障率、被比测仪器零点值。

（4）被比测仪器观测资料分析：观测资料连续率、完整率、观测资料月精度、观测资料精度系数、观测资料分析结果。

（5）测试结论

在2019年5月7日-2019年5月9日期间，原中国地震局地壳应力所组织专家在江苏省高邮地震台开展了“地电观测仪器检测平台”台站对比观测工作，在此期间，对地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范进行了讨论，对于规范中被比测仪器技术要求章节性能指标要求中的分辨力、电压测量线性度、电压测量范围、输入电阻和输入零电流测试、工频串模抑制比、工频共模抑制比、直流共模抑制比、电流／电压转换误差、输入端与对机壳之间绝缘、观测资料精度系数等多个测试内容进行删除和修改。将被比测仪器工作质量章节改为被比测仪器稳定性，在被比测仪器数据资料分析中增加了数据一致性分析章节，同时对部分内容顺序进行调整。

吸取第一次规范技术讨论的结果后，对基本内容的结构进行了调整，确定了观测装置技术要求、被比测仪器技术要求、被比测仪器稳定性、被比测仪器数据资料分析和测试结论为基本内容的第二稿技术规范。

2、第二次规范技术讨论

在2019年5月16日前，编写完成规范第二稿，该稿内容主要包含以下部分：

（1）观测系统技术要求：外线路、电极、检测周期。

（2）被比测仪器技术要求

（3）被比测仪器稳定性：被比测仪器性能稳定性、被比测仪器网页系统稳定性、被比测仪器故障统计。

（4）被比测仪器观测资料分析：连续率、数据一致性分析、观测资料月精度。

（5）测试结论

在2019年5月16日-2019年5月18日期间，在原中国地震局地壳应力所对地电观测仪器比测技术规范第二稿进行了讨论，增加了观测室环境章节，将观测装置技术要求改为观测装置稳定性，同时加上观测装置的检测方法。将被测仪器技术要求章节改为被比测仪器，将其中内容部分删除。在被测仪器性能稳定性中参考《DB/T 29.1-2008 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》5.10中方法，将其中设置装置系数分别为2000、数供电时间大于3s、每次地电阻率测量次数n（n=5），进行测量时分别将供电电流设为0.5A、1.0A、2.0A，进行测量，同时加上测量周期。增加测试流程图，调整部分内容和结果。通过专家探讨，形成观测室环境及观测装置稳定性、被测仪器测试流程、被测仪器比测结果、测试结论等主体的第三稿比测技术规范。

3、第三次规范技术讨论

在2019年5月23日前，编写完成规范第三稿，该稿内容主要包含以下部分：

（1）观测室环境及观测装置稳定性：观测室环境、外线路、电极、检测方法、检测周期。

（2）被测仪器测试流程：测试流程图、测试方法。

（3）被测仪器比测结果：被测仪器功能检查、被测仪器性能稳定性、被测仪器故障率统计、被比测仪器观测资料分析。

（4）测试结论

在2019年5月23日-2019年5月25日期间，在甘肃省地震局开展了地电观测仪器比测技术规范编写集中工作，论证了比测技术规范初稿中的内容及技术指标。对技术规范中观测资料精度分析和数据一致性分析的技术指标值进行了探讨，对内容里的被测仪器等词进行修改，将比测日期更改为不得少于6个月，将不同的标定方法用于不同时期，地电阻率测试前须进行电阻率最大允许误差测试，比测过程中须进行电阻率测量误差测试。形成观测室环境及观测装置稳定性、比测流程及方法、比测结果分析、比测报告要求等主体的第四稿比测技术规范。

4、第四次规范技术讨论

在2020年8月14日前，编写完成规范第四稿，该稿内容主要包含以下部分：

（1）观测室环境及观测装置稳定性：观测室环境、观测装置稳定性。

（2）比测流程及方法：测试流程图、测试方法。

（3）比测结果分析：仪器标定和性能稳定性、功能稳定性、连续率、故障统计、观测资料精度分析、数据一致性分析。

（4）比测报告要求

在2020年8月15日-2020年8月16日期间，在高邮市地震局开展了地电观测仪器比测技术规范编写集中工作，再次论证了比测技术规范初稿中的内容及技术指标。对技术规范的整体内容进行调整，将观测室环境及观测装置稳定性章节改为比测条件，增加场地背景噪声要求、增加参考仪器和比测仪器，将比测流程及方法章节改为比测内容和指标，将比测内容和指标分为两个部分，分别阐述。将比测结果分析整合为两部分，分别为检测方法与结果分析、数据处理方法与结果分析。将比测报告要求改为比测报告。经过专家讨论形成比测条件、比测内容和指标、比测结果分析、比测报告为主体内容的第五稿比测技术规范。

5、第五次规范技术讨论

在2022年10月28日前，编写完成规范第五稿，该稿内容主要包含以下部分：

（1）计量特性：包含比测仪器外观、误差测试、连续率及完整率、数据分析等系列指标要求。

（2）比测条件：包含观测室环境、场地背景噪声、观测装置、比测时所用测量设备等。

（3）比测内容和方法：包含仪器标定和性能稳定性、功能稳定性、连续率、故障统计、观测资料精度分析、数据一致性分析等比测内容与测试方法。

（4）比测报告要求和给出复效时间间隔。

在2022年10月28日期间，在高邮地震台开展了地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范编写咨询工作。对技术规范中概述部分进行调整，去除直流地电阻率仪工作原理部分，改成比测原理。技术规范整体结构应偏重于测试方法，不应出现计量特性这章节，因而对计量部分这部分章节内容做调整。技术规范偏重于测量方法，对于其中的不确定评定的内容进行删除。对其中的复效时间间隔进行删除。经过专家讨论形成比测条件、比测内容和方法、比测报告为主体内容的第六稿比测技术规范。

6、第六次规范技术讨论

2023年11月20日，在高邮地震台开展讨论。对比测条件进行调整，将原因的“场地条件” 分为了“场地及观测室条件”和“装置条件”。

编写《地震监测直流地电阻率仪台站比测技术规范》-不确定度评定报告。

7、第七次规范技术讨论

2024年06月02日，在高邮地震台开展讨论。应考虑比测条件中观测装置稳定性和参考仪器的要求，针对于观测装置的稳定性，增加了外线路和电极重复性测量的相关技术要求和参考仪器的年数据观测精度系数。

8、第八次规范技术讨论

2024年09月20日，根据一测计量秘书组织专家审查比测规范的后提出的修改意见进行修改。增加了比测技术要求章节，同时对附录中的合格判定进行删除，改为技术要求，不做评定。

# 五、规范编写说明

5.1 关于范围

本规范规定了地震监测直流地电阻率仪比测的条件、比测流程及方法、数据分析和比测报告等要求。本规范适用于地震前兆观测中直流地电阻率仪的台站比测。

对规范的规定和适用范围进行了说明。

5.2关于引用文件

给出了本规范编写过程中使用到的主要引用文件，《地震台站建设规范地电台站第1部分：地电阻率台站》（DB/T 18.1-2006）；《地震地电观测方法地电阻率观测第1部分：单极距观测》（DB/T 33.1-2009）；《地震台站观测环境技术要求 第2部分：电磁观测》（DB/T 19531.2 -2004）；JJG 166-2022《直流标准电阻器检定规程》、JJG 153-1996《标准电池检定规程》、JJG 123-2004《直流电位差计检定规程》。

5.3 关于术语和计量单位

引用《地震台站建设规范地电台站第1部分：地电阻率台站》（DB/T 18.1-2006）、《地震地电观测方法地电阻率观测第1部分：单极距观测》（DB/T 33.1-2009）中相关定义，给出了地电阻率、供电电极、测量电极、观测装置的定义。对直流地电阻率仪、比测、参考仪器和年观测数据精度系数进行定义。

对直流地电阻率仪进行定义，即基于直流电法原理，向地下供电产生稳定人工电场，测量地下介质视电阻率的仪器。

为了更好的理解比测，对比测进行定义，即在台站中，多台直流地电阻率仪器使用同一观测装置进行错时观测并比较其技术性能的过程。在比测过程中，多台直流地电阻率仪连接同一装置，其得出数据应是差别很小，为了体现出数据一致性，将参考仪器的数据与比测仪器的数据进行对比分析，同时参考仪器满足一些特定的指标，其稳定性等于或高于现今直流地电阻率观测仪器，引入参考仪器定义，即在直流地电阻率仪器台站比测中，符合相应技术要求并作为对比标准的仪器。

为了判定观测系统长期稳定状况，引入年观测数据精度系数定义，该值在地震地电观测评价指标中一直在使用。

5.4关于概述

直流地电阻率仪台站比测主要分为四个部分：比测前准备、运行观测、数据分析、比测报告编写。比测前准备指对比测仪器进行仪器设备状态、仪器功能、仪器最大允许误差、试观测等检查以及对参考仪器、观测装置等检查，确保其能进行台站比测；运行观测指将比测仪器和参考仪器连接在相同的观测装置上进行错时连续对比观测，期间定期对参考仪器和比测仪器进行地电阻率最大允许误差测试等，数据分析指对产出的观测数据进行分析。其比测流程见图1。

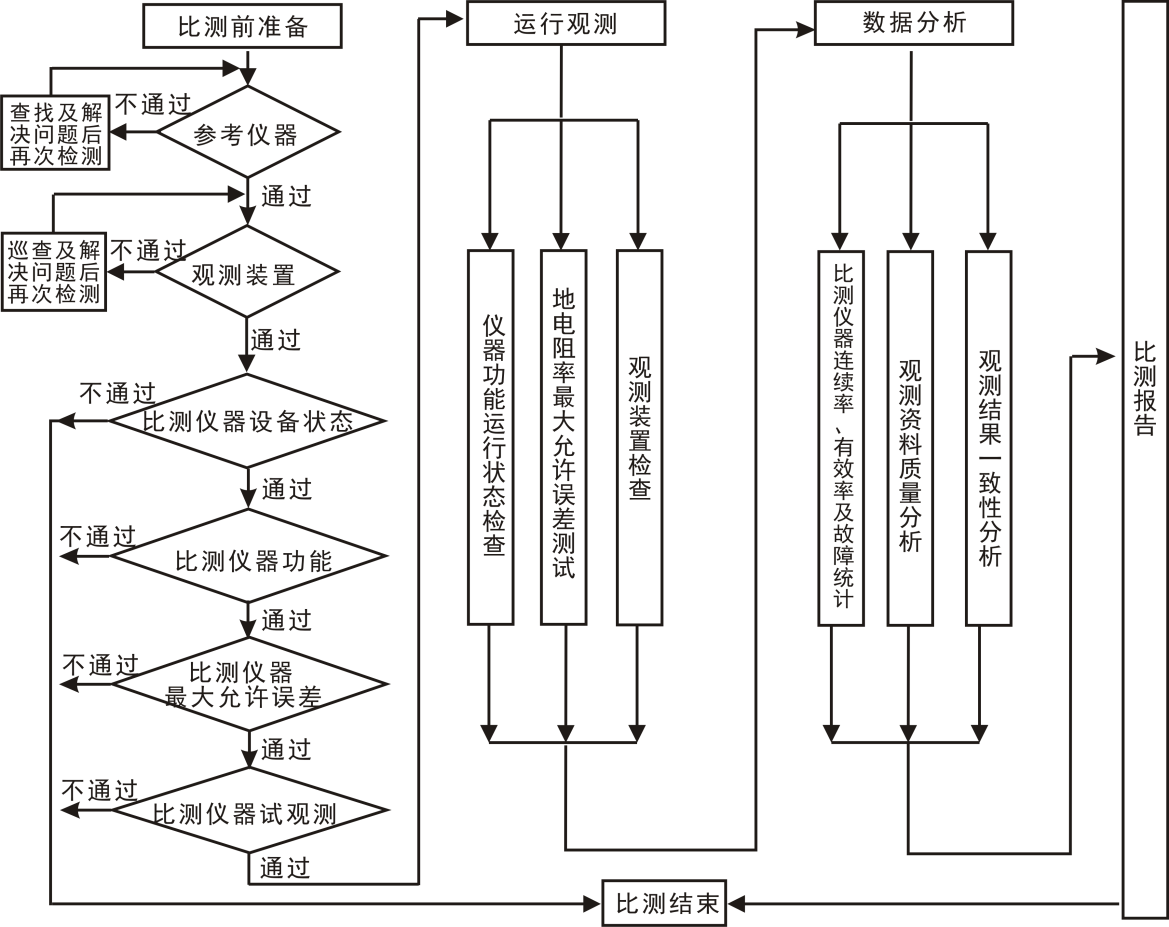


图1 比测流程图

5.5关于比测技术要求

比测的目的是为了查看比测仪器的运行状态，因而需要有相应的技术指标来进行衡量，我们设置了连续率、有效率及故障分析、观测资料质量分析、观测结果一致性分析等几个方面来验证。

（1）比测仪器数据的连续率、有效率及故障分析

本小节内容为比测期间内比测仪器数据连续率、有效率应≥95%；比测期间内比测仪器故障次数不得大于3次且不是仪器本身问题不出现在此范围内。

连续率、有效率及故障等指标的设立是为了避免仪器缺测时长过长或者是直接产生错误数据。

（2）观测资料质量分析

本小节内容为比测期间内比测仪器数据的小时观测值相对均方差应≤0.3%、比测期间内比测仪器数据的观测值日均值相对实验标准偏差应≤0.3%、比测期间内比测仪器数据的月观测精度应≤0.3%。

对比测仪器观测数据进行精度分析，确保比测仪器产出数据的质量。

（3）观测结果一致性分析

本小节内容为比测期间内比测仪器与参考仪器之间的观测差值绝对值的平均值应≤（0.2%测值+0.04）Ω•m且符合率应≥95%。

数据产出后，为了确保参考仪器和比测仪器的数据一致性，设置两者差值的平均值的技术指标，避免仪器产出的数据出现漂移等现象。

5.6关于比测条件

地电阻率值是通过观测装置和与观测装置相连的仪器测量所获得，为了确保比测的准确性，我们对观测室及场地条件、观测装置条件、设备条件、比测仪器条件等方面进行约束。

（1）观测室及场地

本节内容为观测室及场地条件：主要包括观测室温湿度、场地背景噪声，见表1。其中观测室温湿度是适宜仪器工作运行的温湿度范围；为了保证比测时整个场地观测情况处于良好的运行状态，对场地背景噪声进行约束。

表1观测室及场地条件要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 主要技术要求 |
| 1 | 观测室温湿度 | 温度范围10℃~30℃，相对湿度不大于80%。 |
| 2 | 场地背景噪声 | 满足GB/T 1953 1.2 -2004中4.3节所述要求。 |

在表1中第1项引用《地震台站建设规范地电台站第1部分：地电阻率台站》（DB/T 18.1-2006）6.1.2）中内容，其中观测室温湿度是适宜仪器工作运行的温湿度范围；

在表1中第2项技术指标值引用《地震台站观测环境技术要求 第2部分：电磁观测》（DB/T 1953 1.2 -2004）中4.3节内容。

（2）观测装置

本节主要包括装置个数、外线路、电极，具体要求见表2。观测装置（外线路和电极）的状态也是获得高质量比测结果的前提，因而对观测装置（外线路和电极）进行约束。

表2 观测装置条件要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 名称 | 主要技术要求 | 检测周期 |
| 1 | 观测装置个数 | 至少有2个观测装置 | / |
| 2 | 外线路 | 1. 供电导线漏电电流与供电电流的比值ε1不大于0.1%; 2. 供电导线漏电电位差的绝对值与人工电位差的比值ε2不大于0.5%; 3. 测量导线对地绝缘电阻不小于5MΩ。   且以上测量各值与其前期至少10次测量平均值差值的绝对值不大于前期至少10次测量值的3倍实验标准偏差。 | 比测前和比测后2天内及比测期间间隔应不大于1个月。 |
| 3 | 电极 | 1. 供电电极单电极接地电阻不大于30Ω; 2. 测量电极单电极接地电阻不大于100Ω。   且本次与其前一年（12次）测量平均值差值的绝对值不大于前一年测量值标准偏差S的3倍。 |

在表2中第1项引用《地震台站建设规范地电台站第1部分：地电阻率台站》（DB/T 18.1-2006）5.1.1）中内容。第2项引用《地震地电观测方法地电阻率观测第1部分：单极距观测》（DB/T 33.1-2009）中6.2.4.3、6.2.4.6内容。在表2中第3项引用《地震地电观测方法地电阻率观测第1部分：单极距观测》（DB/T 33.1-2009）中6.2.5.1、6.2.5.2内容。

为了确保观测装置的稳定性，观测装置除了满足上述要求后，还要求ε1、ε2、绝缘电阻、接地电阻还需满足本次测量与前期多次测量平均值的绝对值不大于前期多次测量值的3倍实验标准偏差，保证了观测装置的在满足技术要求后还具有稳定性。该处参考数据异常处理的3σ准则，即在测量次数》10次以上，计算积累的数据样本的实验标准偏差s，求取本次测量的值x与前期测量值的平均值的差值绝对值应小于3s。

（3）设备

本节内容主要包括参考仪器、标准电阻、标准电池、直流电位差计的技术指标、数量及检测周期。比测所需的配套设备需满足表3所述要求。同时计算年观测数据精度系数和进行地电阻率最大允许误差测试。

表3 配套设备要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 主要技术要求 | 数量 | 检测  周期 |
| 1 | 参考仪器 | a）实验室检测结果应满足DB/T 18.1-2006中7.2节所述要求；  b）年观测数据精度系数f应≥0.9985。  c）满足地电阻率最大允许误差：各测道均不大于|（0.1%读数＋0.02）|Ω·m。 | 2台 | 送往实验室检测间隔应不大于12个月；比测期间地电阻率最大允许误差检测间隔应不大于1个月。年观测数据精度系数f计算间隔应不大于12个月。 |
| 2 | 标准电阻 | 准确度不低于0.01级；标准值0.01Ω；额定功率0.1W； | 1台 | 应满足JJG 166-2022，7.4的要求 |
| 3 | 标准电池 | 准确度不低于 0.005级 | 1台 | 应满足 JJG 153-1996，26的要求 |
| 4 | 直流电位差计 | 准确度不低于 0.01级 | 1台 | 应不大于12个月 |

根据地电阻率的测量原理，为了确保观测数据的可靠，定期对地电阻率仪器进行标定，使用标准电阻、标准电池、直流电位差计等设备对参考仪器和比测仪器进行标定，并将标准电阻、标准电池、直流电位差计定期送往计量院进行检定。

在比测时，多台直流地电阻率仪连接同一装置，其得出数据应是差别很小，为了体现出数据同步变化，将参考仪器的数据与比测仪器的数据进行对比分析，分析其数据一致性，参考仪器稳定性应等于或高于现今直流地电阻率观测仪器，因而需满定期送往实验室检测和进行地电阻率最大允许误差测试。同时比测台站应具备2台参考仪器，防止意外情况发生。参考仪器需满足地电阻率最大允许误差这条指标是参考DB/T 29.1－2008《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》中5.10的技术指标值和方法，按照上述方法布设模拟测量装置，以改变供电电流的方式来检验观测过程的稳定性，即设置装置系数分别为2000、数供电时间大于3s、每次地电阻率测量次数n（n=5），进行测量时分别将供电电流设为0.5A、1.0A、2.0A。随后每组装置系数测量5次，计算5次测量值与标准值的差值，再求取差值的平均值，该值作为电阻率最大允许误差。

参考仪器除了满足于上述要求的同时还要验证其实际的运行能力，即仪器连接观测装置正常观测后，按照相应的公式求取其年观测数据精度系数f，f应大于或等于0.9985。

（4）比测仪器

本节内容主要为比测仪器设备、功能等方面的检查，为后续能够有序的进行比测提供基础。具体内容为：

1、参加比测的仪器需通过实验室相关测试。

2、参加比测的仪器的数量根据比测平台实际容纳量进行选择。

3、参加比测的仪器需满足表4中所列要求。同时给出相应测试方法所对应的目录。

表4比测仪器要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 主要技术要求 |
| 1 | 仪器设备状态 | 仪器配件、附件齐全且能正常运行。 |
| 2 | 仪器功能 | 参数设置功能、控制功能、网络功能等功能满足地震行业需求。 |
| 3 | 仪器最大允许误差 | a）电压最大允许误差：各测道均不大于（）mV。  b）地电阻率最大允许误差：各测道均不大于（）Ω·m。 |
| 4 | 仪器试观测 | 正常完成整个测量流程。 |

考虑到比测台站的条件与实验室的条件，实验室条件优于比测台站，因而比测仪器需经过实验室检测后才开展台站比测。

仪器台站比测侧重于仪器野外的适应能力，因而对于仪器一些更为精确的性能检测台站无法做到，为了后续台站比测的顺利进行，提出条件1。比测台站承担比测任务的同时还承担着日常监测任务，比测时应考虑比测平台实际容纳量，因而提出条件2。

比测仪器来到台站后，考虑运输或者其他原因造成仪器破损和部件丢失，设置表4相关的比测仪器要求。

表4中第1项所述内容是为了确保送来比测台站的比测仪器应是外观完好，各部分结构完好，各接插件连接牢固，各器件无破损和缺失现象，无影响正常工作的机械损伤，通电之后各项功能能够正常工作。表4中第2项所述内容是为了确保送来比测台站的比测仪器在功能方面能够满足地震行业需求，台站人员能够将台站相关信息填入仪器内，进行能够进行台站日常工作。表4中第3项所述内容是为了确保送来比测台站的比测仪器的电压和电阻率测量误差处于技术要求之内，在仪器误差检查结果处于技术要求之内，后续的比测才有更准确的观测数据和结果。电压测量最大允许误差测试是引用DB/T 29.1－2008《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》中5.3的方法，利用饱和标准电池校准直流电位差计的工作电流，随后利用高精度直流电位差计对直流地电阻率仪的电压测量进行电压测量误差直接校准，计算其与直流标准电压源的电压输出值的差值作为电压的测量误差。地电阻率最大允许误差测试引用DB/T 29.1－2008《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》中5.10的方法，设置稳流源输出电流约2A左右，设置仪器的工作参数供电时间大于3s、每次地电阻率测量次数n（n=5），进行测量时分别将装置系数设为为1000，2000，4000。随后每组装置系数测量5次，计算5次测量值与标准值的差值，再求取差值的平均值，该值作为电阻率测量误差。

表4中第4项所述内容是为了确保送来比测台站的比测仪器能够完整的完成测量，避免比测仪器测量不完成对后续的比测造成的影响。

5.7关于比测项目及方法

此章节主要描述了整个比测流程所包含的比测项目和方法，如下：

（1）比测项目

在此章节对比测项目进行系统的展示。

表5比测项目一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 比测项目 | | |
| 1 | 运行观测 | 仪器功能运行状态检查 | |
| 地电阻率最大允许误差测试 | |
| 2 | 数据分析 | 比测仪器连续率、有效率及故障统计 | |
| 观测资料质量分析 | 小时观测值相对均方差的日均值 |
| 观测值日均值的相对实验标准偏差 |
| 月观测精度 |
| 观测结果一致性分析 | |

（2）比测方法

在此章节对比测一系列的内容的描述，包括比测内容、方法及技术指标等。

1、运行观测

在前期工作准备完毕后，开始进行观测。这一章节的编写说明在观测期间所做的事项。

a）所有比测仪器、参考仪器置入相同的工作参数（供电电流、测量次数等），所有仪器的对应通道接入同一地电阻率观测装置，不同仪器设置不同的工作时间，确保同一时间只有一套仪器工作。所有仪器按地电阻率观测规范进入正常观测，观测时间不少于6个月。

b）比测仪器进行仪器功能运行状态检查，结果填入附录F.1中的表F.1。

c）参考仪器和比测仪器进行地电阻率最大允许误差测试，测试方法见入附录C.1.2，测试结果填入附录C表C.1，测试周期应不大于1个月。

d）观测装置检查，检查方法见附录A，检查结果填入附录A表A.1。观测装置检查应在比测前和比测后2天内分别进行，比测期间检查间隔应不大于1个月。

为了考察仪器的连接观测装置运行后的长期稳定性，将仪器各参数设置完成，并设置比测时间，即a)。在比测的过程中，定期检查仪器运行功能状态检查，随时确保仪器功能运行是否正常。同时定期对仪器进行地电阻率最大允许误差测试和观测装置检查，及时了解仪器和观测装置性能。

2、比测仪器数据连续率、有效率及故障统计

统计比测仪器数据的连续率、有效率及故障统计，以此确保观测数据连续有效，给出其计算公式和技术指标。

2.1比测仪器数据连续率、有效率及故障统计

a)、连续率按照公式（1）计算，计算结果填入附录F表F.2。

（1）

式中：

——为比测期间观测数据总个数。

——为比测期间缺测数据总个数。

b）、有效率按照公式（2）计算，计算结果填入附录F表F.2。

（2）

式中：

——为比测期间观测数据总个数。

——为比测期间比测仪器与参考仪器的观测数据差值大于|（0.4%测值+0.08Ω·m）|的比测仪器观测数据总个数，其中测值为参考仪器同时段观测数据。

c)、故障统计

记录比测仪器在对比观测期间出现故障的时间、现象和可能的原因，计算结果填入附录F表F.3。

2.2、观测资料精度分析

为了保证观测数据观测质量，对观测数据进行精度分析和一致性分析，给出计算公式。

2.2.1、小时观测值相对均方差的日均值

按公式（4）计算观测数据小时观测值相对均方差，结果填入附录G.1。

（3）

（4）



式中:

——为每天观测次数，一般为24。

——为第i小时地电阻率观测值

——为第i小时观测值的均方差。

——为第i小时观测值的相对均方差。

2.2.2、观测值日均值的相对实验标准偏差

按公式（5）计算观测数据观测值日均值相对实验标准偏差，计算结果填入附录G.2。

（5）

式中:

——为每天观测次数，一般为24。

——为第i小时观测值，是日均值。

2.2.3、月观测精度

按公式（6）计算观测数据各个测道的月观测精度，计算结果填入附录G.3。

（6）

——为每月观测的天数。

——为每天的日均值，的月均值。

2.3、数据一致性分析

按公式（8）计算比测仪器与参考仪器之间的观测差值绝对值的平均值，计算结果记入附录H。

（7）

（8）

（9）

式中:

——为一天内比测仪器观测次数；

——为第j、k台仪器第i次的观测值；

——为第i次比测仪器j和k观测值的差值；

、——分别为的总个数、未达到要求（0.2%测值+0.04）Ω·m的总个数，其中测值为参考仪器同时段观测数据的平均值；

——符合率。

5.8关于比测结果表达

根据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求，此章节描述了比测结束后，本规范列出了比测结果的表达，对比测证书应包含的信息加以说明。

5.9关于附录

此章节包含8个部分，包括观测装置检查方法及记录表、参考仪器年观测数据精度系数计算方法及记录表、仪器最大允许误差测试、比测仪器检查与记录表、仪器试运行检查、仪器运行检查、观测资料精度记录表、观测结果一致性分析记录表、台站比测报告格式等内容。