质子矢量磁力仪校准规范

（编写说明）

《质子矢量磁力仪校准规范》编写组

2024年8月

目 录

[1. 任务来源 1](#_Toc135396888)

[2. 本规范编写的背景、目的和意义 1](#_Toc135396889)

[2.1 编写背景 1](#_Toc135396890)

[2.2 编写的目的和意义 2](#_Toc135396891)

[3. 编写过程 2](#_Toc135396892)

[3.1编写参与单位 2](#_Toc135396893)

[3.2主要工作过程 2](#_Toc135396894)

[4. 规范编写说明 3](#_Toc135396895)

[4.1 范围 3](#_Toc135396896)

[4.2 引用文件 3](#_Toc135396897)

[4.3 术语 3](#_Toc135396898)

[4.4 概述 3](#_Toc135396899)

[4.5计量特性 3](#_Toc135396900)

[4.6 校准条件 3](#_Toc135396901)

[4.7 校准方法 4](#_Toc135396902)

**《质子矢量磁力仪校准规范》编写说明**

# 任务来源

经全国地震专用计量测试技术委员会申报，2022年8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批复立项，江苏省地震局、中国科学院空天信息创新研究院、中国地震局地球物理研究所和中国地震台网中心负责《质子矢量磁力仪校准规范》的编写任务。

《质子矢量磁力仪校准规范》归口于全国地震专用计量测试技术委员会。

# 本规范编写的背景、目的和意义

## 2.1 编写背景

地磁矢量观测技术在我国已经经历了50多年的实践和发展，目前我国质子矢量地磁观测台网已有约100个观测台站，一直以来，中国地震局的各级管理部门非常重视地震观测仪器质量检测与日常校准工作，陆续制定了一系列的行业技术标准和规范，其中2008年颁布实施的《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》（DB/T 30.2-2008），对质子矢量磁力仪入网技术性能提出了明确的技术要求，并给出了相应的测试方法。

另外，经广泛调研，目前除了我国地震行业使用了拟起草校准规范中的质子矢量磁力仪（[DB/T 30.2－2008，定义3.4]质子矢量磁力仪proton vector magnetometer，由质子磁力仪加分量线圈组成的磁力仪。注：质子矢量磁力仪能完成地磁场的总强度绝对值F、水平分量绝对值H及磁偏角相对值D的组合观测，或总强度绝对值F、垂直分量绝对值Z及磁偏角相对值D的组合观测。），其他领域未见使用，国外也未见相同类型的仪器使用，未见相关的校准规范或相应的计量规范。目前较为相似的仪器有DIDD矢量磁力仪，但在观测方法和观测原理及校准方法上均存在较大的差异。

现行的DB/T 30.2-2008作为质子矢量磁力仪进网技术要求指导性文件，对该类仪器的技术性能进行了总体、全面的规定，也对其中的部分技术性能给出了相应的检查方法。该标准的测试内容并没有涵盖仪器全部技术指标，对检测项目、检测设备要求、检测原则、以及检测结果的处理也未有相应的说明。同时该标准的制定时间较早，测试设备、测试方法及测试结果的表述有些已不能完全适应当前测试技术的发展水平，现行标准是纲领性的，不是具体的校准规范，目前地震行业内还没有针对质子矢量磁力仪制定专门的校准规范。

在具体的实际应用过程中，依据现有的行业规范和标准，质子矢量磁力仪技术性能的检查还存在一些不足，例如缺乏质子矢量磁力仪关键装置分量线圈的技术要求和相应的校准方法，难以控制不同厂家、不同批次产品质量的差异性，难免因分量线圈质量问题影响观测数据的质量，影响日常检查和产出数据使用的效果，从而对地磁分量观测结果的科学性和客观性产生影响。

现有规范、标准对已经在运行仪器进行周期性检测与校准的规范并不完整，对观测仪器长期稳定性测试及相应的测试流程存在一定的不足，需要进行完善和补充；仪器维修后，重新投入观测后续性检测也没有提出具体要求和相应的检测方法。因此对质子矢量磁力仪缺乏完整的、系统性的校准规范。

## 2.2 编写的目的和意义

制定质子矢量磁力仪校准规范，是在研究相关国家与行业技术标准的基础上，针对地震行业对质子矢量磁力仪要求精度高、长期稳定、可靠等特点，充分考虑质子矢量磁力仪的实际使用要求，制定质子矢量磁力仪校准规范。其目的是有效规范新制造、使用中和修理调整后质子矢量磁力仪的校准，从校准环境、校准设备、校准方法、校准流程以及校准结果表达等方面严格约束，从而对质子矢量磁力仪的设计、生产、入网、实验室测试、野外检测、台站定期校准、维修维护和运行提供规范性的校准方法，保障校准结果的真实、可靠，并与《地磁固定观测台网运行规范》进行衔接，确保该行业技术标准的科学性、权威性，为保证地震地磁观测资料质量提供前提条件。

# 编写过程

## 3.1编写参与单位

本规范的编写工作由江苏省地震局牵头，中国地震局地球物理研究所、中国地震台网中心和中国科学院空天信息创新研究院共同参与研究编写。

规范主要起草人包括居海华（江苏省地震局）、夏忠（江苏省地震局）、王晓美（中国地震局地球物理研究所）、范晓勇、（中国地震局地球物理研究所）、刘高川（中国地震台网中心）、卢远添（中国科学院空天信息创新研究院）、张骞（江苏省地震局）。

## 3.2主要工作过程

第一阶段：2022年1月~2022年4月，4个月。收集整理相关方面的标准和规范，结合本行业的规范要求，初步拟定规范各部分的主要内容，并按照这一方案开始草稿的编写。

第二阶段：2022年5月~2022年8月，4个月。完成质子矢量磁力仪校准规范的草稿，并召开行业内相关领域专家进行咨询和讨论。

第三阶段：2022年9月~2022年12月，4个月。根据专家建议修改草稿，对需要进行实际测试验证的检测项目和方法开展实验室或台站实验，完成检测校准规范初稿的编写工作。

第四阶段：2023年1月~2024年3月，14个月。根据专家建议对初稿进行修改和完善。完成征求意见稿的编写工作，并编写本规范的编写说明。

第五阶段：2024年4月~2024年8月，5个月。根据主审专家的意见对规范进行了修改和完善。

# 规范编写说明

## 4.1 范围

## 本规范适用于质子矢量磁力仪的校准。

## 4.2 引用文件

## 本规范引用了下列文件：

## JJF1001 通用计量术语及定义

## JJF 1013 磁学计量常用名词术语及定义

## JJF 1210 低速转台校准规范

## JJF1084 框式水平仪和条式水平仪校准规范

## GB/T 18207.2 防震减灾术语 第2部分：专业术语

## DB/T 30.2 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

## 凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 4.3 术语

为了便于理解，主要术语引用和参考GB/T 3102.7、GB/T 18207.2—2005、GB/T 19531.2-2004、JJF 1001-2011、JF1013中的定义，也给出了分量线圈装置和相对磁偏角的定义。

## 4.4 概述

对被校仪器进行了概述：质子矢量磁力仪是一种将质子磁力仪、分量线圈装置和恒定电流源结合成一体的用于地磁场总强度、水平分量（或垂直分量）和相对磁偏角测量的仪器。它直接利用质子磁力仪获得地磁场的总强度，并利用分量线圈装置提供了复现磁场，采用补偿和偏置的方法，分别获得地磁场的水平分量（或垂直分量）和相对磁偏角。

并给出了其中较为复杂部分——质子矢量磁力仪分量线圈装置和探头的图片示例。

## 4.5 计量特性

质子矢量磁力仪是一种将质子磁力仪、分量线圈装置和恒定电流源结合成一体的用于地磁场总强度、水平分量（或垂直分量）和磁偏角测量的仪器。因此，被校仪器中的质子磁力仪、分量线圈装置和恒定电流源的参数中，对被校仪器示值误差和其不确定度产生主要影响的参数都是本校准规范的计量特征。因此，计量特征为：总强度示值误差、总强度温度稳定性、分量线圈装置转台轴回转误差、分量线圈装置转台角位置定位误差及重复性、水平仪分度值误差、恒定电流源补偿电流温漂相对偏差、恒定电流源偏置电流正反向电流输出相对偏差、水平分量（或垂直分量）和相对磁偏角示值误差、重复性。

## 4.6 校准条件

（1）校准环境

在质子矢量磁力仪的工作环境条件要求以及校准用标准设备的工作环境条件要求的基础上，形成了对校准相关的温湿度、气压和电磁干扰四方面的规范环境条件要求。

（2）测量标准设备

结合质子矢量磁力仪的计量特性校准需求，根据校准用标准设备与被测设备的指标关系，形成了测量设备配置要求，对相应的测量范围、最大允许误差、分辨力、分度值等提出了要求。

## 4.7 校准方法和复校时间间隔

依次给出了总强度示值误差、总强度温度稳定性、分量线圈装置转台轴回转误差、分量线圈装置转台角位置定位误差及重复性、水平仪分度值误差、恒定电流源补偿电流温漂相对偏差、恒定电流源偏置电流正反向电流输出相对偏差、水平分量（或垂直分量）和相对磁偏角示值误差、重复性的校准方法。校准方法的提出，相关说明如下：

（1）总强度给出了实验室的校准方法，可以获得全量程的示值误差和不确定度，并且其校准结果为所有分量测量的基础，也是其他分量校准的标准器，是其分量校准结果不确定度的重要来源。

（2）分量线圈装置相关的计量特征中，相关校准方法参考了国家计量校准方法，并开展了相关验证实验。

（3）水平仪分度值误差校准提出了两种校准方法。其一参考了JJF1084-2002中的相应校准方法。另一种方法主要考虑台站人员现场校准的便利，结合本仪器特点，给出了结合仪器自身装置的校准方法，并开展了相关验证实验。

（4）水平分量（垂直分量）和磁偏角的误差校准工作较为特殊。当前实验室里给不出一个确定方向的人工磁场（通常给出的人工磁场大小可控，方向的误差远大于被校对象方向的要求），因此无法在实验室里开展分量的示值误差校准工作。考虑到分量观测受线圈姿态影响较大，保持能力较短，因此台站校准的方法更具有操作性和必要性。因此，这里校准方法是基于测量原理，采用了基于仪器本身的质子磁力仪、分量线圈装置（具有高精度转台）和恒定电流源的校准，可以台站进行校准工作。校准前应确保上述标准件已完成校准，并且在有效其内，相应校准结果为示值误差不确定评定的来源。在附录A和附录B中给出了具体校准步骤和相应的技术要求。

（5）复校时间间隔主要分为两部分，水平分量（或垂直分量）、磁偏角的示值误差建议复校间隔一般不超过3个月，其他项建议复校间隔一般不超过2年。送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。这里主要考虑线圈姿态的保持能力，因此对线圈姿态保持影响的观测量水平分量（或垂直分量）、磁偏角的示值误差给出了较短的校准时间。并且我们短期校准间隔的参数的校准方法都是可以基于台站开展的校准方法，以保证仪器在正常的工作状态或给出相应的修正值，保持仪器观测的连续性。

最后对校准结果不确定度给出了两个示例。分别为某一个校准点为例进行总强度测量误差校准结果不确定度的分析和总强度温度稳定性校准结果不确定度的分析。

《质子矢量磁力仪校准规范》编写组

2024年8月10日