**管线金属定位仪校准规范**

**验证实验报告**

《管线金属定位仪校准规范》编写组

2023年7月

目录

[一、验证目的 3](#_Toc141967712)

[二、校准项目和校准方法选择的依据 3](#_Toc141967713)

[三、验证实验设计 5](#_Toc141967714)

[1、项目技术要求和校准方法 5](#_Toc141967715)

[2、验证所用标准器具 5](#_Toc141967731)

[3、被校对象 6](#_Toc141967732)

[4、实验条件 6](#_Toc141967733)

[5、实验分组与设计 6](#_Toc141967734)

[三、验证结果与分析 6](#_Toc141967735)

[1、被测对象验证： 6](#_Toc141967736)

[2、校准人员验证： 7](#_Toc141967737)

[四、理论验证与实验验证结论 9](#_Toc141967738)

[五、附录 10](#_Toc141967739)

[1、实验1原始记录： 10](#_Toc141967740)

[2、实验2原始记录： 11](#_Toc141967741)

[3、实验3原始记录： 12](#_Toc141967742)

## 一、验证目的

管线金属定位仪指通过电磁感应原理对地下金属管线或敷设金属示踪线的非金属管线进行定位或缺陷检测的仪器。为了确认本规范的计量性能指标和校准方法是否合理，通过两种方法来验证校准规范中规定校准项目和校准方法，校准项目包括了频率、幅度、深度位置示值误差、水平定位偏差。第一种方式通过说明校准规范中规定的校准项目和校准方法的依据与出处，包括现行有效的国标、规程中采用的校准方法以及检定系统表中规定的溯源方法和溯源参数。第二种方式是在不同条件下对管线金属定位仪进行校准，验证该校准规范中校准项目和校准方法的可行性。

## 二、校准项目和校准方法选择的依据

本规范为首次制定，规范的编写是按JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行的。

目前国内外无管线金属定位仪相关的校准规范。本规范制订时既充分考虑管线金属定位仪的特点，同时与JJG 840—2015《函数发生器检定规程》、CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》及DB42/T 875—2019《湖北省城镇地下管线探测技术规程》一起作为主要技术依据。

管线金属定位仪一般由发射机、接收机及其他辅助配件组成，发射机由发射线圈及配套电子线路组成，通过感应、直接、夹钳等方式向金属管线施加特定频率的信号电流，而接收机由接收线圈、配套电子线路和显示器组成，可在金属管线上方探测到特定频率的信号电流并定位管线或缺陷位置。其基本工作原理是利用电磁感应原理，在地表对地下金属管道或敷设金属示踪线的管线等进行平面定位、深度测量或缺陷检测。

根据管线金属定位仪在实际工作的特点，确定了频率、幅度、深度位置示值误差、水平定位偏差的计量特性检测项目要求。计量特性要求按管线金属定位仪执行的相关标准规定或满足用户要求，校准结果仅给出测量数据，不做合格判定。

频率参考了JJG 840—2015《函数发生器检定规程》对函数发生器的相关要求，因为根据管线金属定位仪的工作原理，发射机一般通过产生特定频率的正弦波来工作，有些仪器有多种频率档位可供选择，频率范围一般为50Hz～1MHz，因此将频率测量作为一项重要计量特征。根据管线金属定位仪频率的使用特点和实验数据，将计量特性定为频率相对误差一般不超过±2%。校准方法参考了JJG 840—2015《函数发生器检定规程》的5.2.3信号频率检定中对频率指标的测量方法，采用频率计数器直接测量发射机的发射频率。由于目前市面上仪器的发射频率没有统一的生产标准，因此不同厂家的仪器的主要发射频率与档位设置也不同，校准时需根据仪器本身的使用说明书与实际工作频率来设定校准点，对发射机的工作频率从小到大依次测量并做好记录，以此作为被测仪器深度与水平定位误差的重要分析依据。

幅度参考了JJG 840—2015《函数发生器检定规程》对函数发生器的相关要求，因为管线金属定位仪的发射机产生的正弦波幅值偏差过大会影响仪器的发射功率与使用效果，有些仪器有多种档位可供选择，因此将幅度测量作为一项重要计量特征。根据管线金属定位仪的使用特点和实验数据，将计量特性定为交流电压幅度相对误差一般不超过±5%。校准方法参考了JJG 840—2015《函数发生器检定规程》的5.2.4输出波形幅度检定中对幅度指标的测量方法，采用数字示波器直接测量发射机的电压幅度。由于目前市面上仪器的电压幅度没有统一的生产标准，因此不同厂家的仪器的电压幅度与档位设置也不同，校准时需根据仪器本身的使用说明书与实际工作要求来设定校准点，对发射机的档位的电压幅度从小到大依次测量并做好记录，以此作为被测仪器深度与水平定位误差的重要分析依据。

深度位置示值误差参考了CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》、DB42/T 875—2019《湖北省城镇地下管线探测技术规程》的相关校准要求和校准方法。CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》3.0.8中规定，隐蔽管线点的埋深探查中误差不应大于0.075h，h为管线中心埋深，单位为mm，当h<1000mm时以1000mm带入计算，地下管线详查时，地下管线的埋深探查精度可另行约定。DB42/T 875—2019《湖北省城镇地下管线探测技术规程》4.8条规定，隐蔽管线点探查精度要求分为3个等级，对无干扰的单根金属管道或电缆，且埋深不大于3.0m，精度等级I的埋深限差为0.15h，h为地下管线的中心埋深，单位为cm，当h<100cm时以100cm带入计算，考虑到目前市面上国内外仪器的定位精度与实际工作中的使用需求，最后将计量特性定为深度位置示值误差一般不超过±0.15h。校准方法参考了CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》的5地下管线探查中对电磁感应法测量金属管线的相关方法，被测仪器的具体操作方法如直接法、夹钳法、极大值法、极小值法等方法因为仪器厂家规格不同而不同，但是目的都是定位含有金属的管线深度与水平定位，因此被测仪器具体操作方法并没有在规范中详细说明，根据实际工作经验，要求每个校准点在金属管线正上方选取不同的位置测5次，取5次测量平均值作为该校准点测量值，5次测量平均值与实际值之差作为深度位置示值误差。

水平定位偏差参考了CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》、DB42/T 875—2019《湖北省城镇地下管线探测技术规程》的相关校准要求和校准方法。CJJ 61—2017《城市地下管线探测技术规程》3.0.8中规定，隐蔽管线点的平面位置探查中误差不应大于0.05h，h为管线中心埋深，单位为mm，当h<1000mm时以1000mm带入计算，地下管线详查时，地下管线的埋深探查精度可另行约定。DB42/T 875—2019《湖北省城镇地下管线探测技术规程》4.8条规定，隐蔽管线点探查精度要求分为3个等级，对无干扰的单根金属管道或电缆，且埋深不大于3.0m，精度等级I的平面位置限差为0.10h，h为地下管线的中心埋深，单位为cm，当h<100cm时以100cm带入计算，考虑到目前市面上国内外仪器的定位精度与实际工作中的使用需求，最后将计量特性定为水平定位偏差一般不超过0.10h。根据实际工作经验，最后要求在每个被测金属管线正上方选取不同的位置测5次，取5次测量平均值作为相应管线水平定位偏差。

## 三、验证实验设计

本验证试验按校准规范中规定的校准项目和校准方法，在不同条件下对管线金属定位仪进行校准，验证该校准规范的正确性和可行性。

1、项目技术要求和校准方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 验证项目 | 验证方法 | 技术要求 |
| 1 | 频率 | 按照本规范中7.3.1条 | ±2% |
| 2 | 幅度 | 按照本规范中7.3.2条 | ±5% |
| 3 | 深度位置示值误差 | 按照本规范中7.3.3条 | 0.15h |
| 4 | 水平定位偏差 | 按照本规范中7.3.4条 | 0.10h |

注1：h表示管线中心深度，当h≤1m时以1m代入计算。

1. 验证所用标准器具

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准器名称 | 规格型号 | 出厂编号 | 最大允差/准确度等级/不确定度 |
| 频率计数器 | 53210A | MY57410119 | 频率准确度：1.0×10-7 |
| 数字示波器 | DSOX2012A | MY61266637 | MPE：±1.5% |
| 检测样桩 | (2.0\*1.5\*8.9)m | 自编1# | *U*=1.0mm(*k*=2 |
| 钢卷尺 | 5m | 自编1#5m | I级 |

### 3、被校对象

结合目前管线金属定位仪的使用状况，选取市场上较为常见的两种型号的管线金属定位仪进行实验。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 样品 | 设备名称 | 型号 | 设备编号 | 制造厂 |
| 1 | 管线探测仪 | Tx-10/RD8100 | 10/TX-10-94622228/81PXL-6452 | Radiodetection Ltd |
| 2 | 管线探测仪 | LD6000 | 20004110472/20401110706 | Vivax-Metrotech |

### 4、实验条件

实验室条件：温度：（22.5～24.0）℃；相对湿度：（60～66）%。校准环境无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动。

### 5、实验分组与设计

本实验报告从被测对象、校准人员两个方面进行实验验证，设计并进行以下3次不同条件下的校准实验：

1. 被测对象验证：对比相同校准人员、使用相同标准器、相同校准方法，对不同被校对象的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验1、2对比）
2. 校准人员验证：对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，不同校准人员进行校准的校准结果，从而对校准规范进行验证。（实验1、3对比）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验分组 | 被校对象 | 校准单位 | 校准人员 | 校准次数 |
| 实验1 | 样品1 | 湖北省计量院 | 许昊、李皓琳 | 1 |
| 实验2 | 样品2 | 湖北省计量院 | 许昊、李皓琳 | 1 |
| 实验3 | 样品1 | 湖北省计量院 | 郭海、肖梅 | 1 |

## 三、验证结果与分析

### 1、被测对象验证：

对比相同校准人员、使用相同标准器、相同校准方法，对不同被校对象的校准结果，实验1、实验2的校准原始记录见附录1、2，对其校准结果进行汇总与统计，得到表1与表2如下所示。

表1 实验1校准结果汇总与统计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目/校准点 | | | 被校对象1（实验1） | |
| 示值误差 | 扩展不确定度 |
| 频率 | | 512Hz | 0.0% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 4kHz | 1.7% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 8kHz | 2.0% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 33kHz | 0.1% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 83kHz | 0.1% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 幅度 | 512Hz | 75V | -1.3% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 4 kHz | 30V | -0.7% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 8 kHz | 30V | -2.0% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 33 kHz | 30V | -2.7% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 83 kHz | 13V | -0.8% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 深度位置示值误差 | | 0.255m | -0.01m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.01m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.02m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 水平定位偏差 | | 0.255m | 0.014m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.023m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.025m | *U*=0.008m(*k*=2) |

表2 实验2校准结果汇总与统计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目/校准点 | | | 被校对象2（实验2） | |
| 示值误差 | 扩展不确定度 |
| 频率 | | 512Hz | -0.4% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 32.8kHz | 0.1% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 幅度 | 512Hz | 100V | -2.8% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 32.8kHz | 100V | 5.0% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 深度位置示值误差 | | 0.255m | 0.03m | *U*=0.03m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.02m | *U*=0.03m(*k*=2) |
| 0.755m | -0.02m | *U*=0.03m(*k*=2) |
| 水平定位偏差 | | 0.255m | 0.013m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.024m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.025m | *U*=0.008m(*k*=2) |

经验证，以上各校准项目的校准结果均能满足校准规范计量特性要求。

### 2、校准人员验证：

对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，不同校准人员进行校准的校准结果，实验3的校准原始记录见附录3，对其校准结果进行汇总与统计，得到表3：

表3 实验3校准结果汇总与统计

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目/校准点 | | | 被校对象1（实验3） | |
| 示值误差 | 扩展不确定度 |
| 频率 | | 512Hz | 0.0% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 4kHz | 1.7% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 8kHz | 2.0% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 33kHz | 0.1% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 83kHz | 0.1% | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 幅度 | 512Hz | 75V | -1.3% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 4 kHz | 30V | -0.7% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 8 kHz | 30V | -2.0% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 33 kHz | 30V | -2.7% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 83 kHz | 13V | -0.8% | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 深度位置示值误差 | | 0.255m | 0.01m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.01m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.03m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 水平定位偏差 | | 0.255m | 0.012m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.025m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.031m | *U*=0.008m(*k*=2) |

对比相同被校对象、使用相同标准器、相同校准方法，不同校准人员在不同时间进行校准的校准结果，实验1、实验3的校准原始记录见附录1、3，对其校准结果进行汇总与统计，并对2次实验结果中校准数据进行验证，验证其是否满足，两次实验的校准结果汇总与统计如下表：

表4 校准结果汇总与统计对比表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目/校准点 | | | 被校对象1（实验1） | | 被校对象1（实验3） | |
| 实测值y1 | 扩展不确定度 | 实测值y2 | 扩展不确定度 |
| 频率 | | 512Hz | 511.820Hz | *U*rel=0.1% (*k*=2) | 511.780Hz | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 4kHz | 4.068kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) | 4.068kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 8kHz | 8.157kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) | 8.157kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 33kHz | 33.045kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) | 33.040kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 83kHz | 83.062kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) | 83.065kHz | *U*rel=0.1% (*k*=2) |
| 幅度 | 512Hz | 75V | 74.00V | *U*rel=1.5% (*k*=2) | 74.00V | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 4 kHz | 30V | 29.80V | *U*rel=1.5% (*k*=2) | 29.80V | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 8 kHz | 30V | 29.40V | *U*rel=1.5% (*k*=2) | 29.40V | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 33 kHz | 30V | 29.20V | *U*rel=1.5% (*k*=2) | 29.20V | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 83 kHz | 13V | 12.90V | *U*rel=1.5% (*k*=2) | 12.90V | *U*rel=1.5% (*k*=2) |
| 深度位置示值误差 | | 0.255m | 0.25m | *U*=0.01m(*k*=2) | 0.26m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.51m | *U*=0.01m(*k*=2) | 0.51m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.77m | *U*=0.01m(*k*=2) | 0.78m | *U*=0.01m(*k*=2) |
| 水平定位偏差 | | 0.255m | 0.014m | *U*=0.008m(*k*=2) | 0.012m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.505m | 0.023m | *U*=0.008m(*k*=2) | 0.025m | *U*=0.008m(*k*=2) |
| 0.755m | 0.025m | *U*=0.008m(*k*=2) | 0.031m | *U*=0.008m(*k*=2) |

此项验证需进行以上各主要参数，2次实验中每项计量特性的校准结果应满足。

表5 校准结果验证表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准项目/校准点 | |  |  | 验证结论 |
| 频率 | 512Hz | -0.04Hz | 0.72Hz | 符合要求 |
| 4kHz | 0kHz | 0.006kHz | 符合要求 |
| 8kHz | 0kHz | 0.011kHz | 符合要求 |
| 33kHz | -0.005kHz | 0.047kHz | 符合要求 |
| 83kHz | 0.003kHz | 0.097kHz | 符合要求 |
| 幅度 | 75V | 0V | 1.6V | 符合要求 |
| 30V | 0V | 0.6V | 符合要求 |
| 30V | 0V | 0.6V | 符合要求 |
| 30V | 0V | 0.6V | 符合要求 |
| 13V | 0V | 0.3V | 符合要求 |
| 深度位置示值误差 | 0.255m | 0.01m | 0.014m | 符合要求 |
| 0.505m | 0m | 0.014m | 符合要求 |
| 0.755m | 0.01m | 0.014m | 符合要求 |
| 水平定位偏差 | 0.255m | 0.002m | 0.011m | 符合要求 |
| 0.505m | 0.002m | 0.011m | 符合要求 |
| 0.755m | 0.006m | 0.011m | 符合要求 |

经验证，2次实验中每项计量特性的校准结果均能满足满足，数据验证无误。

## 四、理论验证与实验验证结论

本验证报告说明了规范中校准项目和校准方法的依据与来源，详细解释了参数及校准点的选择，指出了参照的检定系统表的条款与依据的国标、规程规范的具体条款。同时按照规范的方法和条款经过不同的分组对比实验，以及后期的实验数据分析，得出规范能较好得指导管线金属定位仪校准工作，能顺利完成相应指标的测量。此次实验表明规范的校准项目及方法合理可行，实用性和可操作性较好，保证管线金属定位仪的计量性能准确可靠。

验证时间：2023年7月

验证人员：许昊 李皓琳 郭海 肖梅

## 五、附录

### 1、实验1原始记录：

管线金属定位仪试验记录

仪器名称 管线探测仪 制造厂名 Radiodetection Ltd

型号规格 Tx-10/RD8100 出厂编号 10/TX-10-94622228/81PXL-6452

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准器名称 | 规格型号 | 出厂编号 | 最大允差/准确度等级/不确定度 | 证书号 | 有效期 |
| 频率计数器 | 53210A | MY57410119 | 频率准确度：1.0×10-7 | 2022DW035400481 | 2023-11-20 |
| 数字示波器 | DSOX2012A | MY61266637 | MPE：±1.5% | 2022DW035700814 | 2023-09-22 |
| 检测样桩 | (2.0\*1.5\*8.9)m | 自编1# | *U*=1.0mm(*k*=2 | 2022SZ090500440 | 2023-11-03 |
| 钢卷尺 | 5m | 自编1#5m | I级 | 2022CD031703568 | 2023-11-09 |

校准依据：JJFxxxx-20xx《管线金属定位仪校准规范》

校准日期 2023 年 7 月 4 日；校准温度 22.5 ℃；湿度 62 %RH；

校准地点 本院光谷基地B114室；校准员 许昊 、 李皓琳

1 外观检查：符合要求

2 频率:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标称值/Hz | 实测值/Hz | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 512 | 511.820 | 0.0% | 0.1% |
| 标称值/kHz | 实测值/kHz | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 4 | 4.068 | 1.7% | 0.1% |
| 8 | 8.157 | 2.0% | 0.1% |
| 33 | 33.045 | 0.1% | 0.1% |
| 83 | 83.062 | 0.1% | 0.1% |

3 幅度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率/kHz | 标称值/VP-P | 实测值/VP-P | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 0.512 | 75 | 74.00 | -1.3% | 1.5% |
| 4 | 30 | 29.80 | -0.7% | 1.5% |
| 8 | 30 | 29.40 | -2.0% | 1.5% |
| 33 | 30 | 29.20 | -2.7% | 1.5% |
| 83 | 13 | 12.90 | -0.8% | 1.5% |

4 深度位置示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点/m | 实测值/m | | | | | | 示值误差/m | 扩展不确定度*U*(*k*=2)/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 0.255 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | -0.01 | 0.01 |
| 0.505 | 0.50 | 0.49 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.01 | 0.01 |
| 0.755 | 0.75 | 0.78 | 0.77 | 0.79 | 0.76 | 0.77 | 0.02 | 0.01 |

5 水平定位偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管线深度/m | 水平定位偏差/m | | | | | | 扩展不确定度*U*(*k*=2)/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 0.255 | 0.012 | 0.014 | 0.016 | 0.018 | 0.012 | 0.014 | 0.008 |
| 0.505 | 0.018 | 0.022 | 0.025 | 0.028 | 0.022 | 0.023 | 0.008 |
| 0.755 | 0.022 | 0.024 | 0.028 | 0.030 | 0.020 | 0.025 | 0.008 |

以下空白

### 2、实验2原始记录：

管线金属定位仪试验记录

仪器名称 管线探测仪 制造厂名 Vivax-Metrotech

型号规格 LD6000 出厂编号 20004110472/20401110706

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准器名称 | 规格型号 | 出厂编号 | 最大允差/准确度等级/不确定度 | 证书号 | 有效期 |
| 频率计数器 | 53210A | MY57410119 | 频率准确度：1.0×10-7 | 2022DW035400481 | 2023-11-20 |
| 数字示波器 | DSOX2012A | MY61266637 | MPE：±1.5% | 2022DW035700814 | 2023-09-22 |
| 检测样桩 | (2.0\*1.5\*8.9)m | 自编1# | *U*=1.0mm(*k*=2 | 2022SZ090500440 | 2023-11-03 |
| 钢卷尺 | 5m | 自编1#5m | I级 | 2022CD031703568 | 2023-11-09 |

校准依据：JJFxxxx-20xx《管线金属定位仪校准规范》

校准日期 2023 年 7 月 4 日；校准温度 23.5 ℃；湿度 64 %RH；

校准地点 本院光谷基地B114室；校准员 许昊 、 李皓琳

1 外观检查：符合要求

2 频率:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标称值/Hz | 实测值/Hz | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 512 | 510.200 | -0.4% | 0.1% |
| 标称值/kHz | 实测值/kHz | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 32.8 | 32.841 | 0.1% | 0.1% |

3 幅度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率/kHz | 标称值/VP-P | 实测值/VP-P | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 0.512 | 100 | 97.25 | -2.8% | 1.5% |
| 32.8 | 100 | 105.00 | 5.0% | 1.5% |

4 深度位置示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点/m | 实测值/m | | | | | | 示值误差/m | 扩展不确定度*U*(*k*=2)/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 0.255 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.28 | 0.03 | 0.03 |
| 0.505 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.52 | 0.02 | 0.03 |
| 0.755 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.74 | -0.02 | 0.03 |

5 水平定位偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管线深度/m | 水平定位偏差/m | | | | | | 扩展不确定度*U*(*k*=2)/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 0.255 | 0.015 | 0.009 | 0.012 | 0.010 | 0.018 | 0.013 | 0.008 |
| 0.505 | 0.022 | 0.018 | 0.024 | 0.030 | 0.024 | 0.024 | 0.008 |
| 0.755 | 0.024 | 0.025 | 0.028 | 0.024 | 0.022 | 0.025 | 0.008 |

以下空白

### 3、实验3原始记录：

管线金属定位仪试验记录

仪器名称 管线探测仪 制造厂名 Radiodetection Ltd

型号规格 Tx-10/RD8100 出厂编号 10/TX-10-94622228/81PXL-6452

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准器名称 | 规格型号 | 出厂编号 | 最大允差/准确度等级/不确定度 | 证书号 | 有效期 |
| 频率计数器 | 53210A | MY57410119 | 频率准确度：1.0×10-7 | 2022DW035400481 | 2023-11-20 |
| 数字示波器 | DSOX2012A | MY61266637 | MPE：±1.5% | 2022DW035700814 | 2023-09-22 |
| 检测样桩 | (2.0\*1.5\*8.9)m | 自编1# | *U*=1.0mm(*k*=2 | 2022SZ090500440 | 2023-11-03 |
| 钢卷尺 | 5m | 自编1#5m | I级 | 2022CD031703568 | 2023-11-09 |

校准依据：JJFxxxx-20xx《管线金属定位仪校准规范》

校准日期 2023 年 7 月 4 日；校准温度 24.0 ℃；湿度 60 %RH；

校准地点 本院光谷基地B114室；校准员 郭海 、 肖梅

1 外观检查：符合要求

2 频率:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标称值/Hz | 实测值/Hz | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 512 | 511.780 | 0.0% | 0.1% |
| 标称值/kHz | 实测值/kHz | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 4 | 4.068 | 1.7% | 0.1% |
| 8 | 8.157 | 2.0% | 0.1% |
| 33 | 33.040 | 0.1% | 0.1% |
| 83 | 83.065 | 0.1% | 0.1% |

3 幅度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率/kHz | 标称值/VP-P | 实测值/VP-P | 相对误差 | 扩展不确定度*U*rel(*k*=2) |
| 0.512 | 75 | 74.00 | -1.3% | 1.5% |
| 4 | 30 | 29.80 | -0.7% | 1.5% |
| 8 | 30 | 29.40 | -2.0% | 1.5% |
| 33 | 30 | 29.20 | -2.7% | 1.5% |
| 83 | 13 | 12.90 | -0.8% | 1.5% |

4 深度位置示值误差

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点/m | 实测值/m | | | | | | 示值误差/m | 扩展不确定度*U*(*k*=2)/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 0.255 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0/26 | 0.26 | 0.01 | 0.01 |
| 0.505 | 0.51 | 0.50 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.01 | 0.01 |
| 0.755 | 0.78 | 0.78 | 0.77 | 0.79 | 0.77 | 0.78 | 0.03 | 0.01 |

5 水平定位偏差

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管线深度/m | 水平定位偏差/m | | | | | | 扩展不确定度*U*(*k*=2)/m |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 0.255 | 0.015 | 0.012 | 0.010 | 0.013 | 0.012 | 0.012 | 0.008 |
| 0.505 | 0.024 | 0.028 | 0.025 | 0.028 | 0.022 | 0.025 | 0.008 |
| 0.755 | 0.032 | 0.028 | 0.030 | 0.036 | 0.028 | 0.031 | 0.008 |

以下空白