

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF XXX－20XX

砂土相对密度仪校准规范

Calibration Specification for Sandy Soils Relative

Density Instrument

**（征求意见稿）**

XXXX－XX－XX发布 XXXX－XX－XX实施

**国家市场监督管理总局** 发 布

砂土相对密度仪校准规范

JJF XXX—XXXX

Calibration Specification for Sandy Soils

Relative Density Instrument

归 口 单 位：全国水运专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：江西省交通工程质量监督站试验检测中心

江西省综合交通运输发展研究中心

交通运输部天津水运工程科学研究所

参加起草单位：江西省检验检测认证总院计量科学研究院

江西省交通建设工程质量监督管理局

本规范委托全国水运专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

朱 军（江西省交通工程质量监督站试验检测中心）

陈 露（江西省综合交通运输发展研究中心）

谭显峰（江西省交通工程质量监督站试验检测中心）

陈允约（交通运输部天津水运工程科学研究所）

参加起草人：

胡志刚（江西省检验检测认证总院计量科学研究院）

刘 兵（江西省交通建设工程质量监督管理局）

王 磊（江西省交通工程质量监督站试验检测中心）

目 录

[1 范围 1](#_Toc22842)

[2 引用文件 1](#_Toc10979)

[3 概述 1](#_Toc28975)

[4 计量特性 3](#_Toc31911)

[5 校准条件 3](#_Toc23387)

[5.1 环境条件 3](#_Toc8357)

[5.2 测量标准及其它设备 3](#_Toc2483)

[6 校准项目和校准方法 3](#_Toc31479)

[6.1 校准项目 3](#_Toc23638)

[6.2 校准方法 4](#_Toc27074)

[7 校准结果表达 5](#_Toc28656)

[8 复校时间间隔 5](#_Toc25237)

[附录A常用温度点试验用水的密度 6](#_Toc16477)

[附录B砂土相对密度仪校准记录表参考格式 7](#_Toc3333)

[附录C砂土相对密度仪校准证书内页参考格式 8](#_Toc13287)

[附录D测量结果的不确定度评定示例 10](#_Toc25407)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成本规范的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

砂土相对密度仪校准规范

1. **范围**

本规范适用于砂土相对密度仪（漏斗式最小干密度仪和锤击式最大干密度仪）的校准。

1. **引用文件**

本规范引用了下列文件：

JJG 196 常用玻璃量器检定规程

GB/T 15406 岩土工程仪器基本参数及通用技术条件

GB/T 50123 土工试验方法标准

JTG 3430 公路土工试验规程

JJG (地质) 1021 砂土相对密度仪检定规程

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。

1. **概述**

砂土相对密度仪（以下简称相对密度仪）是采用最小干密度仪和最大干密度仪分别测量砂砾土试样最小干密度和最大干密度，从而计算得出相对密度的仪器。

漏斗式最小干密度仪一般包括锥形塞、长颈漏斗、拂平器和量筒（量筒有500mL和1000mL两种规格），漏斗式最小干密度仪结构示意图见图1，其工作原理是：用小管径的长颈漏斗来控制砂样，使其均匀缓慢的落入量筒内，以达到很疏松的堆积。然后测读砂样体积，计算出最小干密度。

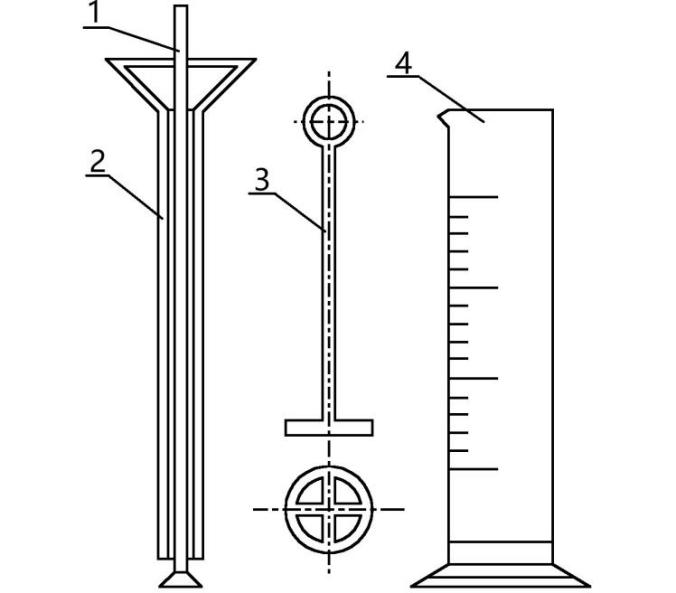


图1 漏斗式最小干密度仪结构示意图

1——锥形塞；2——长颈漏斗；3——拂平器；4——量筒。

锤击式最大干密度仪一般由击锤、振动叉、金属容器（金属容器有250mL和1000mL两种规格）等组成。手动式最大干密度仪结构示意图见图2，电动式最大干密度仪结构示意图见图3。其工作原理是使用振动锤击法，将砂样分三次装入金属容器，开启机器进行振动锤击，直至砂样体积不变为止称重，计算出最大干密度。

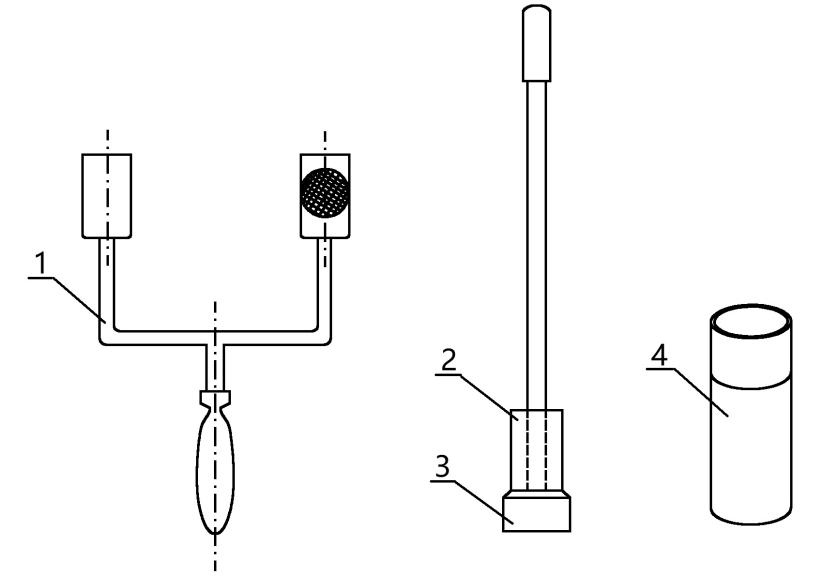


图2 手动式最大干密度仪结构示意图

1——振动叉；2——击锤；3——锤座器；4——金属容器。

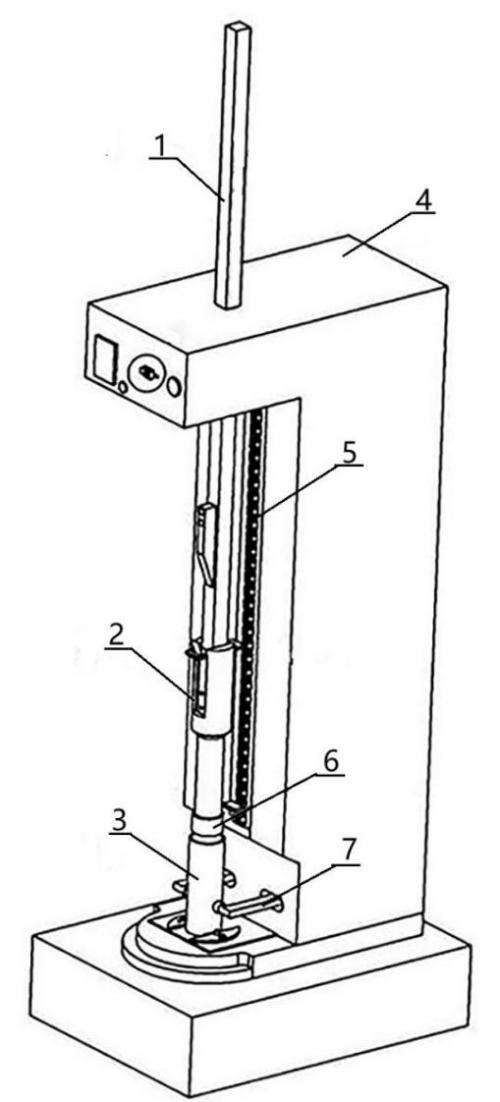


图3 电动式最大干密度仪结构示意图

1——导柱；2——击锤；3——金属容器；4——机身；5——链条；6——锤座器；7——振动叉。

1. **计量特性**

表1 漏斗式最小干密度仪及锤击式最大干密度仪计量特性要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 漏斗式最小干密度仪 | 校准项目 | | 单位 | 技术要求 |
| 量筒容积 | | mL | 500.0 ± 2.0 |
| 1000.0 ± 4.0 |
| 长颈漏斗径管内径 | | mm | 12.0 ± 0.1 |
| 锤击式最大干密度仪 | 金属容器尺寸 | 内径 | mm | 50.0 ± 0.1 |
| 100.0 ± 0.2 |
| 深度 | 127.0 ± 0.2 |
| 锤座底边直径 | | mm | 50.0 ± 0.1 |
| 100.0 ± 0.2 |
| 击锤质量 | | g | 1250.0 ± 2.5 |
| 击锤落高 | | mm | 150.0 ± 2.0 |

注：以上技术要求不用于合格判定，仅供参考。

1. **校准条件**
   1. 环境条件

校准环境条件应满足以下要求：

a）环境温度：20℃ ± 5℃；

b）相对湿度：不大于85%；

c）其他影响量：周围环境无影响其计量性能的振动。

* 1. 测量标准及其它设备
     1. 电子天平

测量范围覆盖（0～2000）g；分度值不小于0.02 g，级。

* + 1. 游标卡尺

测量范围覆盖（0～150）mm；最大允许误差 ± 0.03 mm。

* + 1. 钢直尺

测量范围覆盖（0～300）mm；最大允许误差 ± 0.10 mm。

* + 1. 温度计

测量范围覆盖（0～50）℃；分度值0.1 ℃；最大允许误差 ± 0.4 ℃。

1. **校准项目和校准方法**
   1. 校准项目

校准项目及对应的校准方法见表2。

表 2  校准项目和校准方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 计量特性对应的条款号 | 校准方法对应条款号 |
| 1 | 量筒容积 | 4 | 6.2.1 |
| 2 | 长颈漏斗径管内径 | 4 | 6.2.2 |
| 3 | 金属容器尺寸 | 4 | 6.2.3 |
| 4 | 锤座底边直径 | 4 | 6.2.4 |
| 5 | 击锤质量 | 4 | 6.2.5 |
| 6 | 击锤落高 | 4 | 6.2.6 |

* 1. 校准方法
     1. 量筒容积

容量筒容积校准步骤如下：

a）将空量筒清洗干净并经干燥处理，置于电子天平中央，静置后将电子天平置零；

b）将空量筒和校准用仪器、试验用水在实验室恒温30 min后，使用温度计测量并记录水温，向量筒中加入试验用水至要校准容积刻度线，将量筒置于电子天平中央称量，记录加水后的量筒的质量；

c）按公式（1）计算量筒容积，常用温度点试验用水的密度见附录A；

** （1）

式中：——第i次量筒容积，mL；

——第i次加水后量筒质量，g；

——水的密度，g/mL。

d）按步骤a）～c）重复操作2次，取3次量筒容积的算术平均值作为校准结果。

* + 1. 长颈漏斗径管内径

用游标卡尺测量长颈漏斗下口内径，每转动120°测量1次，计算3次测量值的算术平均值作为校准结果。

* + 1. 金属容器尺寸

取下金属容器套环，用游标卡尺分别测量金属容器的内径和深度，每转动120°测量1次，计算3次值的算术平均值作为校准结果。

* + 1. 锤座底边直径

用游标卡尺测量锤座底边直径，每转动120°测量1次，计算3次测量值的算术平均值作为校准结果。

* + 1. 击锤质量

将击锤置于电子天平上称量，共测量3次，计算3次测量值的算术平均值作为校准结果。

* + 1. 击锤落高

用钢直尺测量击锤落高，共测量3次，计算3次测量值的算术平均值作为校准结果。

1. **校准结果表达**

校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

a) 标题“校准证书”；

b) 实验室名称和地址；

c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e) 客户的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性应用有关，应对被校样品的抽样程序进行说明；

i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；

j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；

k) 校准环境的描述；

l) 校准结果及测量不确定度的说明；

m) 对校准规范的偏离的说明；

n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；

o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

1. **复校时间间隔**

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔不超过1年。

附录A

常用温度点试验用水的密度

密度单位：g/mL

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度(℃) | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
| 15 | 0.99910 | 0.99908 | 0.99907 | 0.99905 | 0.99904 | 0.99902 | 0.99901 | 0.99899 | 0.99898 | 0.99896 |
| 16 | 0.99894 | 0.99893 | 0.99891 | 0.99889 | 0.99888 | 0.99886 | 0.99884 | 0.99883 | 0.99881 | 0.99879 |
| 17 | 0.99877 | 0.99876 | 0.99874 | 0.99872 | 0.99870 | 0.99869 | 0.99867 | 0.99865 | 0.99863 | 0.99861 |
| 18 | 0.99860 | 0.99858 | 0.99856 | 0.99854 | 0.99852 | 0.99850 | 0.99848 | 0.99846 | 0.99844 | 0.99842 |
| 19 | 0.99840 | 0.99839 | 0.99837 | 0.99835 | 0.99833 | 0.99831 | 0.99829 | 0.99827 | 0.99824 | 0.99822 |
| 20 | 0.99820 | 0.99818 | 0.99816 | 0.99814 | 0.99812 | 0.99810 | 0.99808 | 0.99806 | 0.99804 | 0.99801 |
| 21 | 0.99799 | 0.99797 | 0.99795 | 0.99793 | 0.99790 | 0.99788 | 0.99786 | 0.99784 | 0.99782 | 0.99779 |
| 22 | 0.99777 | 0.99775 | 0.99772 | 0.99770 | 0.99768 | 0.99766 | 0.99763 | 0.99761 | 0.99758 | 0.99756 |
| 23 | 0.99754 | 0.99751 | 0.99749 | 0.99747 | 0.99744 | 0.99742 | 0.99739 | 0.99737 | 0.99734 | 0.99732 |
| 24 | 0.99730 | 0.99727 | 0.99725 | 0.99722 | 0.99720 | 0.99717 | 0.99715 | 0.99712 | 0.99709 | 0.99707 |
| 25 | 0.99704 | 0.99702 | 0.99699 | 0.99697 | 0.99694 | 0.99691 | 0.99689 | 0.99686 | 0.99684 | 0.99681 |

附录B

砂土相对密度仪校准记录表参考格式

记录编号： 第X页 共X页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 客户名称 | | |  | | | | | | | | 校准地点 | | | |  | | | | | |
| 器具名称 | | |  | | | | | | | | 型号规格 | | | |  | | | | | |
| 出厂编号 | | |  | | | | | | | | 制造厂 | | | |  | | | | | |
| 校准依据 | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 校准温度 | | |  | | | | | | | | 校准湿度 | | | |  | | | | | |
| 所用的计量标准装置器具/主要仪器设备 | | | 名称 | 测量范围 | | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | | | | | 证书编号 | | 证书有效期至 | | | | 使用前情况 | | | 使用后情况 |
|  |  | |  | | | | |  | |  | | | |  | | |  |
|  |  | |  | | | | |  | |  | | | |  | | |  |
| 校准项目 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 序号 | 校准项目 | | 技术要求 | | 校准结果 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 量筒容积(mL)  (水温: ) | | 500.0 ± 2.0 | | 质量/g | | / | | 1 | | | 2 | | | | 3 | | | 平均值 | |
|  | |  | | |  | | | |  | | | / | |
| 容积 | |  | |  | | |  | | | |  | | |  | |
| 1000.0 ± 4.0 | | 质量/g | |  | |  | | |  | | | |  | | | / | |
| 容积 | |  | |  | | |  | | | |  | | |  | |
| 2 | 长颈漏斗径管内径(mm) | | 12.0 ± 0.1 | | 1 | | | | | 2 | | | | 3 | | | | 平均值 | | |
|  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 3 | 金属容器尺寸(mm) | 内径 | 50.0±0.1 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 深度 | 127.0 ± 0.2 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 内径 | 100.0±0.2 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 深度 | 127.0 ± 0.2 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 4 | 锤座底边直径(mm) | | 50.0±0.1 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 100.0±0.2 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 5 | 击锤质量(g) | | 1250.0 ± 2.5 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 6 | 击锤落高(mm) | | 150.0 ± 2.0 | |  | | | | |  | | | |  | | | |  | | |
| 量筒容积扩展不确定度： .  长颈漏斗径管内径扩展不确定度： .  金属容器尺寸扩展不确定度： . | | | | | | | | 锤座底边直径扩展不确定度： .  击锤质量扩展不确定度： .  击锤落高扩展不确定度： . | | | | | | | | | | | | |

校准员： 核验员： 校准日期： .

附录C

砂土相对密度仪校准证书内页参考格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 证书编号××××-××××   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 校准机构授权说明 | | | | | | | | | 校准所依据的技术文件（代号、名称） | | | | | | | | | 校准地点及环境条件： | | | | | | | | | 温 度 | | ℃ | | | 其 他 |  | | | 湿 度 | | %RH | | | 地 点 |  | | | 校准使用的计量标准装置/主要设备 | | | | | | | | | 名 称 | 仪器设备编号 | | 测量范围 | 不确定度/准确  度等级/最大  允许误差 | | 仪器设备证书编号 | 有效期至 | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  |  |   第X页 共X页 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 证书编号××××-××××  **校 准 结 果**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 校准项目 | | 校准结果 | 扩展不确定度  （*k*=2） | | 1 | 量筒容积 | |  |  | | 2 | 长颈漏斗径管内径 | |  |  | | 3 | 金属容器尺寸 | 内径 |  |  | | 深度 |  |  | | 4 | 锤座底边直径 | |  |  | | 5 | 击锤质量 | |  |  | | 6 | 击锤落高 | |  |  | | 注：  1 本报告校准结果仅对该计量器具有效；  2 本证书未加盖“校准专用章”无效；  3 下次校准时请携带（出示）此证书。  未经授权，不得部分复印本证书。 | | | | |   以下空白 |     第X页 共X页 |

附录D

测量结果的不确定度评定示例

分别对砂土相对密度仪的量筒容积、锤座底边直径、击锤落高、击锤质量进行不确定度评定。

D.1量筒容积测量模型及不确定度评定

D.1.1测量模型

量筒容积：

 (D.1)

式中：

——第i次量筒容积，mL；

——第i次加水后量筒质量，g；

——水的密度，g/mL。

根据公式(D.1)和不确定度传播律，得到量筒容积的合成标准不确定度：

** (D.2)

其中：，本试验中m=500g，ρ=0.99820g/mL，计算灵敏系数为：



则合成标准不确定度为：。

D.1.2不确定度来源分析

影响测量不确定度的来源主要有：

1. 测量重复性引入的测量不确定度；
2. 计量标准器引入的测量不确定度；
3. 不同温度水的密度引入的测量不确定度。

D.1.3测量不确定度的评定

D.1.3.1测量重复性引入的标准不确定度分量：

在重复性测量条件下，用电子天平分别对两种容积量筒重复装水10次前后质量进行重复测量，用温度计测量每次装水后水温约为20 ℃，计算出量筒容积，测量结果见表D.1。

表D.1 量筒容积重复性测量结果 容积单位：mL

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量  次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 标准差 |
| 实测值 | 500.11 | 500.08 | 500.09 | 500.11 | 500.11 | 500.12 | 500.09 | 500.08 | 500.09 | 500.09 | 0.014 |
| 实测值 | 1000.18 | 1000.16 | 1000.18 | 1000.18 | 1000.17 | 1000.16 | 1000.17 | 1000.14 | 1000.19 | 1000.17 | 0.014 |

在实际测量时，重复测量3次，取3次测量值的算术平均值作为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量为：



D.1.3.2标准器引入的标准不确定度分量：

该项目校准标准器为测量范围（0～2000）g，分度值0.02g的级电子天平，电子天平由上一级标准检定，根据检定规程，在测量范围（400～2000）g时，其最大允许误差为 ± 0.3 g，作均匀分布，取包含因子，则其引入的标准不确定度分量为：



则：



D.1.3.3不同温度水的密度引入的标准不确定度分量：

测量水的密度随温度变化的标准器为温度计，温度计由上一级标准检定，根据本检定规程选取最大允许误差为 ± 0.4 ℃的温度计进行水温测量，本次试验水温约为20℃，温度计最大允许误差为 ± 0.4 ℃，则温度实际范围在（20±0.4）℃，根据附录A常用温度点试验用水的密度可查出相应密度区间为（0.99812～0.99829）g/mL，则其不确定度区间半宽为0.000085g/mL，按均匀分布计算，取包含因子，则其引入的标准不确定度分量为：



则：

D.1.4合成标准不确定度和扩展不确定度

由于合成标准不确定度：





取包含因子*k*=2，扩展不确定度：





根据同样的试验方法和不确定度分析，对不同温度点的砂土相对密度仪量筒容积测量不确定度进行评定，其主要影响不确定度的因素皆为标准器引入的标准不确定度分量，测量重复性引入的标准不确定度分量和不同温度水的密度引入的标准不确定度分量影响很小，通过扩展不确定度修约后，不同温度点的砂土相对密度仪量筒容积的扩展不确定度皆为，*k*=2。

D.2锤座底边直径测量模型及不确定度评定

D.2.1测量模型

 (D.3)

式中：

——游标卡尺测量值，mm；

——锤座底边直径值，mm。

根据公式（D.3）和不确定度传播律，得到锤座底边直径的合成标准不确定度：

 (D.4)

其中：，则合成标准不确定度为：。

D.2.2不确定度来源分析

影响测量不确定度的来源主要有：

1. 测量重复性引入的测量不确定度；
2. 计量标准器引入的测量不确定度。

D.2.3测量不确定度的评定

D.2.3.1测量重复性引入的标准不确定度分量：

在重复性测量条件下，用游标卡尺对锤座底边直径进行10次重复测量，测量结果见表D.2。

表D.2 锤座底边直径重复性测量结果 长度单位：mm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量  次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 标准差 |
| 实测值 | 49.98 | 49.97 | 49.99 | 49.95 | 49.96 | 49.97 | 49.98 | 49.97 | 49.96 | 49.97 | 0.012 |

在实际测量时，取3次测量值的平均值作为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量为：



D.2.3.2标准器引入的标准不确定度分量：

该标准器为游标卡尺，最大允许误差 ± 0.03 mm，区间半宽为0.03 mm，估计为均匀分布，取包含因子。



D.2.4合成标准不确定度和扩展不确定度

由于合成标准不确定度：



取包含因子*k*=2，扩展不确定度：



D.3击锤落高测量模型及不确定度评定

D.3.1测量模型

 (D.5)

式中：

——钢直尺测量值，mm；

——击锤落高值，mm。

根据公式（D.5）和不确定度传播律，得到击锤落高的合成标准不确定度：

 (D.6)

其中：，则合成标准不确定度为：。

D.3.2不确定度来源分析

影响测量不确定度的来源主要有：

1. 测量重复性引入的测量不确定度；
2. 计量标准器引入的测量不确定度。

D.3.3测量不确定度的评定

D.3.3.1测量重复性引入的标准不确定度分量：

在重复性测量条件下，用钢直尺对击锤落高进行10次重复测量，测量结果见表D.3。

表D.3 击锤落高重复性测量结果 长度单位：mm

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量  次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 标准差 |
| 实测值 | 150.5 | 150.5 | 150.5 | 150.5 | 150.3 | 150.0 | 150.3 | 150.5 | 150.0 | 150.0 | 0.23 |

在实际测量时，取3次测量值的平均值作为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量为：



D.3.3.2标准器引入的标准不确定度分量：

该标准器为钢直尺，钢直尺由上一级标准检定，根据检定规程，在测量范围内时，其最大允许误差为 ± 0.1 mm，作均匀分布，取包含因子。



D.3.4合成标准不确定度和扩展不确定度

由于合成标准不确定度：



取包含因子*k*=2，扩展不确定度：



D.4击锤质量测量模型及不确定度评定

D.4.1测量模型

 (D.7)

式中：

——电子天平测量值，g；

——击锤质量，g。

根据公式（D.7）和不确定度传播律，得到击锤质量的合成标准不确定度：

 (D.8)

其中：，则合成标准不确定度为：。

D.4.2不确定度来源分析

影响测量不确定度的来源主要有：

1. 测量重复性引入的测量不确定度；
2. 计量标准器引入的测量不确定度。

D.4.3测量不确定度的评定

D.4.3.1测量重复性引入的标准不确定度分量：

在重复性测量条件下，用电子天平对击锤质量进行10次重复测量，测量结果见表D.4。

表D.4 击锤质量重复性测量结果 质量单位：g

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量  次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 标准差 |
| 实测值 | 1250.18 | 1250.16 | 1250.18 | 1250.18 | 1250.16 | 1250.16 | 1250.18 | 1250.14 | 1250.20 | 1250.18 | 0.017 |

在实际测量时，取3次测量值的平均值作为测量结果，则测量重复性引入的标准不确定度分量为：



D.4.3.2标准器引入的标准不确定度分量：

该标准器为测量范围（0～2000）g，分度值0.02g的级电子天平，电子天平由上一级标准检定，根据检定规程，在测量范围（400～2000）g时，其最大允许误差为 ± 0.3 g，作均匀分布，取包含因子。



D.4.4合成标准不确定度和扩展不确定度

由于合成标准不确定度：



取包含因子*k*=2，扩展不确定度：

