

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××─××××

自动气象站铂电阻温度传感器校准规范**Calibration Specification for Platinum Resistance Temperature Sensor of**

**Automatic Weather Station**

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局 发 布

自动气象站铂电阻温度传感器校准规范

**Calibration Specification for Platinum Resistance Temperature Sensor of**

**Automatic Weather Station**

**JJF ××××**─**××××**

归口单位：全国气象专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心

中国气象局气象探测中心

本规范委托全国气象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：

蔡震坤（新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心）

赵旭（中国气象局气象探测中心）

吴宁（新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心）

参加起草人：

边泽强（中国气象局气象探测中心）

吐鲁逊.伊力（新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心）

张晨亮（新疆维吾尔自治区气象技术装备保障中心）

丁红英（中国气象局气象探测中心）

目 录

[引 言 III](#_Toc27745)

[1 范围 1](#_Toc8730)

[2 引用文件 1](#_Toc17357)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc15630)

[3.1 术语 1](#_Toc369)

[4 概述 2](#_Toc585)

[5 计量特性 3](#_Toc14954)

[6 校准条件 3](#_Toc13300)

[6.1 环境条件 3](#_Toc11201)

[6.2 测量标准及其他设备 3](#_Toc30861)

[7 校准项目和校准方法 4](#_Toc4417)

[7.1 校准项目 4](#_Toc14033)

[7.2 校准方法 4](#_Toc28746)

[8 数据处理 5](#_Toc6608)

[9 校准结果表达 6](#_Toc24092)

[10 复校时间间隔 6](#_Toc22518)

[附录A 自动气象站铂电阻温度传感器校准记录表 7](#_Toc3299)

[附录B 自动气象站铂电阻温度传感器校准证书内页格式 8](#_Toc6861)

[附录C 自动气象站铂电阻温度传感器校准不确定度评定示例 10](#_Toc21037)

[附录D 温度/电阻关系表 1](#_Toc4894)

# 引 言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写，规范中的通用计量术语符合 JJF1001-2011《通用计量术语及定义》，附录中给出的测量不确定度评定示例依据JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》进行。

本校准规范为首次制定。

自动气象站铂电阻温度传感器校准规范

# 1 范围

本规范适用于测量范围在（-50~+80）℃以内、电阻温度系数 =3.851×的、用于气象观测的铂热电阻温度传感器(以下简称温度传感器)的校准。

本规范适用于的校准使用。以的校准也可参照

# 2 引用文件

本规范引用了以下文件：

JJG 160-2007 标准铂电阻温度计

JJF1030-2023 恒温槽技术性能测试规范

JJF1444-2014 直流比较仪式测温电桥校准规范

JJF 1587-2016 数字多用表校准规范

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

# 3 术语和计量单位

JJG229-2010 、JJF 1007-2007 、JJF1030-2023 、GB/T 35228-2017中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

# 3.1 术语

3.1.1 标称电阻值 nominal resistance

热电阻（或感温原件）在0 ℃时的期望电阻值。其阻值通常有：10 Ω、50 Ω、100 Ω、500 Ω、1000 Ω，它由制造商申明并标于热电阻上。感温原件以其标称电阻值表征，例如一个Pt100 的感温元件，其标称电阻值为100 Ω；Cu50 的感温元件，其标称电阻值为50 Ω。

[JJG229-2010，3.2]

3.1.2 电阻温度系数 temperature coefficient of resistance

单位温度变化引起电阻值的相对变化。感温元件和热电阻的电阻温度系数用表示，即：

[JJG229-2010，3.5]

3.1.3 恒温槽温度均匀性 thermostatic bath temperature uniformity

恒温槽在稳定状态下,工作区域内最高温度与最低温度的差值。

[JJF 1030-2023，2.2]

3.1.4 恒温槽温度波动性 thermostatic bath temperature volatility

恒温槽在稳定状态下,工作区域在一定时间间隔内,温度变化的最大幅度。

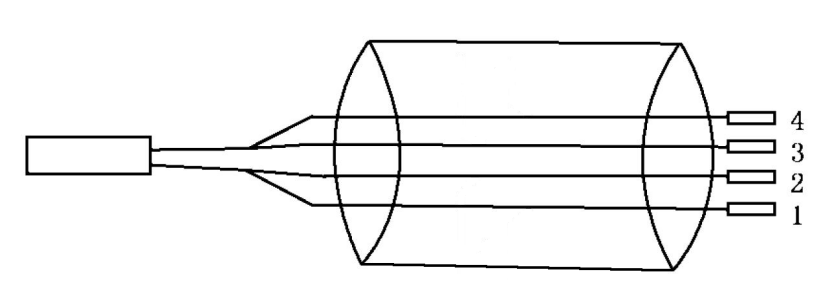
[JJF 1030-2014，2.3]

# 3.2 计量单位

摄氏度，单位℃

# 4 概述

自动气象站铂电阻温度传感器是利用金属铂丝的电阻随温度单值变化的特性来测温的一种传感器。主要由铂电阻感温元件、绝缘护管、内部连接线及用于连接二次仪表的外部导线组成。传感器采用四线制结构作为输出端口，并用不同颜色作为引线标记。其结构如图1所示。



**图1 铂电阻温度传感器结构图**

自动气象站铂电阻温度传感器的电阻温度系数=3.851×，电阻—温度关系如下：

对于－50℃～0℃温度范围：

对于0℃～+80℃温度范围：

式中：

—在温度时传感器的电阻值，单位Ω；

—传感器标称电阻值，单位Ω；

—当前环境温度，单位℃；

A —固定值，取值为，单位为；

—固定值，取值为-5.7750×10-7，单位为；

—固定值，取值为，单位为。

为方便使用，根据上述函数关系制成相应的温度/电阻关系表（分度表），见附录D。

# 5 计量特性

自动气象站温度传感器按用途分为测量气温与测量地温两类，计量特性如表1。

**表1 气象用铂热电阻温度传感器计量特性**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 传感器类型 | 测量范围 | 最大允许误差 | 备注 |
| 气温传感器 | -50℃ ~ +50℃ | ±0.2℃ | 依据GB/T 35221-2017《地面气象观测规范 总则》 |
| ±0.1℃（基准气候观测） |
| 地温传感器 | -50℃ ~ +80℃ | ±0.5℃ |
| ±0.3℃（基准气候观测） |
| 注：最大允许误差指标不用于合格性判定，仅供参考。 | | | |

# 6 校准条件

# 6.1 环境条件

温度：(15~35) ℃。

湿度：≤80%RH。

# 6.2 测量标准及其他设备

推荐校准使用的测量标准和配套设备见表2。

**表2 校准使用的测量标准和配套设备**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 仪器名称 | 主要技术指标 | 用途 | 备注 |
|  | 标准铂电阻温度计 | 准确度等级：二等 | 测量温度参考值 | 也可采用满足技术要求的其它设备 |
|  | 自动测温电桥 | 准确度等级：0.0001级 | 测量温度参考值 |
|  | 恒温槽 | 温度范围：-50℃～+80℃  温度均匀性：  最大温差≤0.03℃  温度波动性：0.02℃/10min | 提供温度场 | 工作区域应有足够的深度，以保证标准温度计和被校准热电阻有足够的插入深度，以减少热传递的影响。 |
|  | 电阻测量仪器 | 准确度等级：0.005级  测量范围：1Ω～1500Ω  测量电流：≤1mA  分辨力：0.1mΩ | 用于测量标准铂电阻温度计和被校传感器电阻值。可以使用能将电阻值自动换算为温度值的仪器，但需确认其换算方法符合本规范要求。 | 用于测量标准铂电阻温度计的电阻值，并将自动其转换为温度值。 |

# 7 校准项目和校准方法

# 7.1 校准项目

**表2 校准项目**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准方法条款 |
| 1 | 示值误差 | 7.2.2 |

# 7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

通过目测的方法，确认自动气象站铂电阻温度传感器各部分装配正确可靠，外表涂层或镀层牢固，保护管完好，不得有凹痕、划痕和显著锈蚀，不得有明显的弯曲现象。温度传感器应标有型号、产品编号、制造单位等信息。温度传感器应良好密封，能够浸入恒温介质中并正常工作。

将被校传感器上的泥土等杂质清理干净，连接被校准传感器和电阻测量仪器，通电检查电测仪表的数据传输。

7.2.2 校准点选择

校准时，应按温度传感器使用温度范围对照表选取校准点

表3 校准点

|  |  |
| --- | --- |
| 传感器类型 | 校准点（℃） |
| 气温传感器 | -50、0、+50 |
| 地温传感器 | -50、0、+80 |

7.2.3 传感器示值误差校准

7.2.3.1 示值误差校准

测量误差的校准采用比较法。0℃为起始校准点。

将标准温度计和被校温度传感器插入恒温槽工作区域中，使二者感温部分尽可能处于同一水平面。校准时，标准温度计和温度传感器均应插入恒温介质足够的深度，以消除热传递对校准结果的影响。足够的深度指，再继续增加插入深度1cm，被校传感器测量误差校准结果变化不超过0.02℃。

设定恒温槽工作温度，当槽温达到设定温度并稳定后方可进行读数。每隔30秒钟读取一次标准器示值和被测温度传感器的测量值，共读取4次，电阻测量仪器的输出值为电阻值的，读数应精确到1mΩ并将其转换为温度值。将读数修约至0.01℃后记入校准记录表（见附录A）。

# 8 数据处理

分别计算出每个校准点温度标准值和传感器示值的算术平均，将标准器示值和被校温度传感器测量值读数分别取平均值，修约至0.01℃。

按公式（1）计算各校准点的温度测量误差。

（1）

式中：

—温度传感器在℃时的温度测量误差，单位℃；

—温度传感器在校准点℃时测量值的均值，单位℃；

—标准器在校准点℃时示值的均值，单位℃

# 9 校准结果表达

# 9.1 校准完毕出具校准证书，校准证书格式见附录B。

# 9.2 校准证书内容。

校准证书内容至少应包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 校准的地点(如果与实验室的地址不同)；
4. 证书的唯一性标识（如编号)，每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校传感器的描述和明确标识；
7. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
8. 本次校准所用试验载荷的溯源性及有效性说明；
9. 校准环境的描述；
10. 校准结果及其测量不确定度的说明；
11. 校准证书签发人的签名或等效标识；
    1. 校准结果仅对被校对象有效的声明。

# 10 复校时间间隔

客户应根据校准结果、使用频次、使用条件等情况自行决定复校时间间隔。一般建议复校时间间隔不超过2年。

# 附录A 自动气象站铂电阻温度传感器校准记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 第 页；共 页 | | | | | | | | | |
| 被校仪器名称：自动气象站温度传感器 | | | | |  | | | | |
| 型号： | | | | | 出厂编号： | | | | |
| 生产厂家： | | | | | 送校单位： | | | | |
| 标称电阻值R0：\_\_\_\_Ω | | | | | 使用温度范围：\_\_\_\_℃～\_\_\_\_℃ | | | | |
| 传感器类型:□气温/□地温 | | | | | | | | | |
| 校准所用的计量标准名称： | | | | |  | | | | |
| 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： | | | | |
| 主标准器型号： | | | | | 出厂编号： | | | | |
| 准确度等级/最大允许误差： | | | | | 证书号： | | | | |
| 外观检查： □合格； □不合格 | | | | | | | | | |
| 校准点 | ℃ | | ℃ | | | ℃ | | ℃ | |
|  | 标准 | 被校 | 标准 | | 被校 | 标准 | 被校 | 标准 | 被校 |
| 1 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 误差 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 校准点 | ℃ | | ℃ | | | ℃ | | ℃ | |
|  | 标准 | 被校 | 标准 | | 被校 | 标准 | 被校 | 标准 | 被校 |
| 1 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 误差 |  |  |  | |  |  |  |  |  |
| 校准依据 | |  | | | | | | | |
| 校准证书编号 | |  | | 环境  条件 | | 温度： ℃；  湿度： %RH；  气压： hPa | | | |
| 校准地点 |  | | | | | | | | |
| 备注 |  | | | | | | | | |

校准员： 核验员： 校准日期： 年 月 日

# 附录B 自动气象站铂电阻温度传感器校准证书内页格式

证书编号××××××—××

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准机构授权说明 | | | | |
| 校准环境条件及地点 | | | | |
| 环境条件 | 温度： ℃； 湿度： %RH； 气压： hPa | | | |
| 地点 |  | | | |
| 校准使用的计量标准装置 | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 计量标准证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |
| 校准使用的标准器 | | | | |
| 名称 | 测量范围 | 不确定度/准确度等级/最大允许误差 | 证书号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |
| 备注 | | | | |
|  | | | | |

第×页 共×页



校 准 结 果

使用温度范围：\_\_\_\_\_\_℃～\_\_\_\_\_\_℃ 单位：℃

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 |  |  |  |  |  |
| 示值 |  |  |  |  |  |
| 示值误差 |  |  |  |  |  |
| *U*（*k*=2） |  |  |  |  |  |

备注

1.未经校准机关书面授权同意，部分复制本证书无效。

2.本证书封面未加盖“校准机关校准专用章”无效。

建议的复校时间间隔不超过2年

第×页 共×页

# 附录C 自动气象站铂电阻温度传感器校准不确定度评定示例

**C.1概述**

按照本规范对铂热电阻温度传感器的计量特性要求和校准方法，以恒温槽作为温度源，用二等标准电阻温度计作温度标准器；在恒温槽中校准温度传感器，温度的校准遵循从0℃点开始校准的顺序，依次取0℃点，铂电阻使用范围的最高点、最低点作为校准点。装置稳定后记录各点数据，依据规范中的有关公式计算被校准温度传感器的温度示值误差，及示值误差的不确定度。

**C.2测量模型**

被校准温度传感器温度示值误差的测量模型为：

（1）

式中：

—温度传感器在℃时的温度测量误差，单位℃；

—温度传感器在校准点℃时测量值的均值，单位℃；

—电测系统引入的不确定度，单位℃；

— 水槽均匀性引入的不确定度，单位℃；

— 水槽波动性引入的不确定度，单位℃；

— 重复性引入的不确定或仪器分辨力引入的不确定度，单位℃；

—标准器在校准点℃时示值的均值，单位℃；

— 标准器偏移引入的不确定度，单位℃。

不确定度应考虑被校准仪器示值、标准铂电阻偏移、电测系统、恒温槽的最大温差、恒温槽的波动性以及被检表分辨力。

**C.3 温度示值误差的不确定度评定**

C.3.1 不确定度计算公式

测量模型为线性模型且各分量互不相关，所以，温度示值误差的不确定度可由式（2）计算得出：

 (2)

式中： : 温度示值误差的标准不确定度，℃；

：电测系统引入的不确定度分量，℃；

：水槽均匀性引入的不确定度分量，单位℃；

：水槽波动性引入的不确定度分量，单位℃；

：标准器偏移引入的不确定度分量，单位℃。

C.3.2 不确定度分量的评定

C.3.2.1仪器温度示值引入的标准不确定度分量

（1）被测温度传感器分辨力引入的标准不确定度*u*(*U*示1)

被测温度传感器分辨力为0.01℃，按均匀分布计算，则



（2）被测温度传感器测量重复性引入的标准不确定度*u*(*U*示2)

将二等标准铂电阻温度计和一支被校温度计同时放入恒温槽中，待示值稳定后，重复测量 m（m=10）次，测得值如下：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| -50.080 | -50.079 | -50.078 | -50.081 | -50.081 | -50.079 | -50.080 | -50.080 | -50.080 | -50.081 |

用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差：=0.001℃

被校铂电阻温度计的校准值由n（n=4）次读数的算术平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量用下式计算得到:

*u*(*U*示2)==0.0005℃

（3）*U*示的标准不确定度分量合成

各校准点的*U*示见表1。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点  ℃ | 读数次数 | 标准值  ℃ | 被测示值  ℃ | 误差  ℃ | ℃ | *u*(*U*示2)  ℃ | *u*(*U*示)  ℃ |
| -50 | 1 | -49.963 | -50.081 | -0.118 | 0.003 | 0.0005 | 0.003 |
| 2 | -49.965 | -50.079 | -0.114 |
| 3 | -49.962 | -50.080 | -0.118 |
| 4 | -49.964 | -50.080 | -0.116 |
| 0 | 1 | 0.000 | 0.008 | 0.008 | 0.0005 | 0.003 |
| 2 | 0.000 | 0.010 | 0.010 |
| 3 | 0.001 | 0.011 | 0.010 |
| 4 | 0.000 | 0.010 | 0.010 |
| 80 | 1 | 80.354 | 80.476 | 0.122 | 0.0005 | 0.003 |
| 2 | 80.351 | 80.476 | 0.122 |
| 3 | 80.354 | 80.475 | 0.125 |
| 4 | 80.356 | 80.475 | 0.121 |

表1 被测传感器测量重复性数据

由于各校准点由分辨力引入的不确定度的数值远大于由测量重复性引入的不确定度，故舍去测量重复性不确定度分量，*u*(*U*示)=*u*(*U*示1)=0.003℃

C.3.2.2 电测系统引入的不确定度分量。

根据JJG166-2022，二等标准测量仪器设备应满足最大允许误差小于0.002%。

在80℃引入温度测量结果的误差不超过0.0066℃，在-50℃引入测量结果的误差不超过0.006℃，取最大值0.0066℃，为均匀分布，则由水槽均匀性引入的不确定度℃。

C.3.2.3水槽均匀性引入的不确定度分量。

根据规程文本要求，水槽最大均匀性取使用范围内最大值0.02℃，为均匀分布，则由水槽均匀性引入的不确定度℃。

C.3.2.4标准表与被检表时间常数不同步引入的分量

根据规程文本要求，水槽波动度取使用范围内最大值0.03℃/10min，为均匀分布，则由标准表与被检表时间常数不同步引入的不确定度℃。

C.3.2.5标准器偏移引入的不确定度分量

根据规程文本要求，标准器为二等标准铂电阻，根据JJG160-2007《标准铂电阻温度计》中对二等标准铂电阻的要求，取年稳定性最大点Ar点16mk，即0.016℃，为均匀分布，则由标准器偏移引入的不确定度

C.3.3温度示值误差的合成标准不确定度

将以上各标准不确定度分量进行汇总，得到表2。

1. 表2 标准不确定度汇总

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 标准不确定来源 | 标准不确定度数值 | 灵敏系数 |
| *u*(*U*示) | 测量重复性及分辨力 | 0.003 | 1 |
|  | 电测系统 | 0.004 | 1 |
|  | 恒温槽均匀度 | 0.012 | 1 |
|  | 恒温槽波动度 | 0.017 | 1 |
|  | 标准器偏移 | 0.009 | 1 |

根据公式（2），计算得到温度示值误差的合成标准不确定度：



C.3.4温度示值误差的扩展不确定度

取包含因子*k*=2 ，则温度示值误差的扩展不确定度：



**C.4 结论**

本例以恒温槽为温度源进行的不确定度评定，校准时温度示值误差的扩展不确定度最大值为0.06℃( *k*=2)。

# 附录D 温度/电阻关系表

*R0*=100Ω；*α*=3.851×10-3℃-1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 温度值  /℃ | 电阻值/Ω | | | | | | | | | |
| 0 | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 | -9 |
| -60 | 76.328 | 75.929 | 75.530 | 75.131 | 74.732 | 74.333 | 73.934 | 73.534 | 73.134 | 72.735 |
| -50 | 80.306 | 79.909 | 79.512 | 79.114 | 78.717 | 78.319 | 77.921 | 77.523 | 77.125 | 76.726 |
| -40 | 84.271 | 83.875 | 83.479 | 83.083 | 82.687 | 82.290 | 81.894 | 81.497 | 81.100 | 80.703 |
| -30 | 88.222 | 87.827 | 87.432 | 87.038 | 86.643 | 86.248 | 85.853 | 85.457 | 85.062 | 84.666 |
| -20 | 92.160 | 91.767 | 91.373 | 90.980 | 90.586 | 90.192 | 89.798 | 89.404 | 89.010 | 88.616 |
| -10 | 96.086 | 95.694 | 95.302 | 94.909 | 94.517 | 94.124 | 93.732 | 93.339 | 92.946 | 92.553 |
| 0 | 100.000 | 99.609 | 99.218 | 98.827 | 98.436 | 98.044 | 97.653 | 97.261 | 96.870 | 96.478 |
| 温度值  /℃ | 电阻值/Ω | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0 | 100.000 | 100.391 | 100.781 | 101.172 | 101.562 | 101.953 | 102.343 | 102.733 | 103.123 | 103.513 |
| 10 | 103.903 | 104.292 | 104.682 | 105.071 | 105.460 | 105.849 | 106.238 | 106.627 | 107.016 | 107.405 |
| 20 | 107.794 | 108.182 | 108.570 | 108.959 | 109.347 | 109.735 | 110.123 | 110.510 | 110.898 | 111.286 |
| 30 | 111.673 | 112.060 | 112.447 | 112.835 | 113.221 | 113.608 | 113.995 | 114.382 | 114.768 | 115.155 |
| 40 | 115.541 | 115.927 | 116.313 | 116.699 | 117.085 | 117.470 | 117.856 | 118.241 | 118.627 | 119.012 |
| 50 | 119.397 | 119.782 | 120.167 | 120.552 | 120.936 | 121.321 | 121.705 | 122.090 | 122.474 | 122.858 |
| 60 | 123.242 | 123.626 | 124.009 | 124.393 | 124.777 | 125.160 | 125.543 | 125.926 | 126.309 | 126.692 |
| 70 | 127.075 | 127.458 | 127.840 | 128.223 | 128.605 | 128.987 | 129.370 | 129.752 | 130.133 | 130.515 |
| 80 | 130.897 | 131.278 | 131.660 | 132.041 | 132.422 | 132.803 | 133.184 | 133.565 | 133.946 | 134.326 |