JJF

**中华人民共和国国家计量技术规范**

 JJF××××——××××

**数字式气压高度表校准规范**

**Calibration Specification for Digital barometric altimeter**

（征求意见稿）

20××-××-××发布 20××-××-××实施

**国家市场监督管理总局 发 布**

JJ JJF ××××-××××

数字式气压高度表校准规范

Calibration Specification for Digital barometric altimeter

归 口 单 位：全国气象专用计量器具计量技术委员会气象压力分技术委员会

主要起草单位：中国气象局气象探测中心

参加起草单位：广东省气象探测数据中心

山西省大气探测技术保障中心

西藏自治区大气探测技术与装备保障中心

黑龙江省气象数据中心

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：

丁红英 （中国气象局气象探测中心）

李建英（中国气象局气象探测中心）

于贺军（中国气象局气象探测中心）

参加起草人：

李昕娣（广东省气象探测数据中心）

郝智利（山西省大气探测技术保障中心）

陈华（西藏自治区大气探测技术与装备保障中心）

黄清治（黑龙江省气象数据中心）

目 录

[1 范围 1](#_Toc23842948)

[2 引用文件 1](#_Toc23842949)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc23842950)

[4 概述 1](#_Toc23842951)

[5 计量特性 2](#_Toc23842952)

[6 校准条件 3](#_Toc23842953)

[7 校准项目和校准方法 3](#_Toc23842954)

[8 校准结果 4](#_Toc23842955)

[9 复校时间间隔 5](#_Toc23842956)

[附录A 6](#_Toc23842957)

[高度表校准记录格式 6](#_Toc23842958)

[附录B 数字式气压高度表校准证书内页格式第2页 7](#_Toc23842959)

[附录C 8](#_Toc23842960)

[校准证书（内页）格式第3页 8](#_Toc23842961)

[附录D 数字式气压高度表测量不确定度评定 9](#_Toc23842962)

引 言

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》、JJF1059.1-2016《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑校准规范的基础性系列规范。

本规范首次发布。

**数字式气压高度表校准规范**

# 范围

本规范适用于测量范围在11000m以下的新制造（或新购置）、使用中和修理后的数字式气压高度表（以下简称高度表）的校准。

# 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 683-90气压高度表检定规程

JJG 272-2007 空盒气压表和空盒气压计检定规程

JJG 1084-2013数字式气压计检定规程

OIML R97国际建议《气压计》[Barometers, OIML R97,edition 1990(E)]

凡是注日期的引用文件，仅所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。

# 术语和计量单位

3.1术语

位势高度geopotential height

在地球重力场内，单位质量空气相对于海平面所具有的位能所表征的高度。

3.2计量单位

计量单位为米(m)或千米（km）。

# 概述

高度表是以数字形式输出（显示）两个位置之间高度差的测量仪器，采用了气压测高原理。高度表由压力传感器、信号处理单元、输出（显示）单元等组成。其工作原理为大气压力作用在压力传感器上，使其输出相应的电信号，由信号处理单元处理后显示与气压相对应的高度数值。

大气压力与位势高度的关系可用式（1）表示。

 （1）

式中：

— 在H处的大气压力， hPa；

— 在平均海平面处的标准大气压力，取1013.25hPa；

— 对流层内大气温度的垂直梯度，取-0.006 5 K/m；

—平均海平面处大气的热力学温度，取 288.15K；

— 平均海平面以上（或以下）某处的位势高度，gpm；

— 平均海平面处的位势高度， 0 gpm；

— 标准重力加速度，取9.80665m/s2；

— 干空气比气体常数，取287.05287J/(K·kg)。

由式（1）导出气压对应的位势高度可由式（2）表示。

 （2）

位势高度与几何高度的关系式由式（3）表示。

 （3）

式中：

— 几何高度（沿铅锤线离地球表面的距离），km；

— 地球有效半径， 取6356.766km。位势高度的单位为位势米，与几何高度的单位（几何米）之间的换算关系由式（4）表示。

$1位势米=\frac{g\_{0}}{g}几何米$ （4）

在-500m～11000m的范围内，在标准大气的状况下，对于本规范规定的高度表的准确度而言，位势高度H可视为几何高度Z。

# 计量特性

5.1 零位

5.2 示值误差

5.3 回程误差

# 校准条件

6.1环境条件

环境温度: (20±5)℃；

相对湿度: 不大于85％。

6.2计量标准及其它设备

6.2.1 标准器

6.2.1.1可供选择的标准器：

a) 数字式气压计

b) 自动标准压力发生器

6.2.1.2选用的标准器测量范围应覆盖被检高度表的测量范围。标准器最大允许误差绝对值一般不大于被校准仪表最大允许误差绝对值的1/3。

6.2.2 辅助设备

1. 压力源及真空源
2. 示值检定箱
3. 秒表

# 校准项目和校准方法

7.1校准前准备

校准前，应在测量范围下限点的压力条件时对检定系统进行密封性检查，由于漏气造成的在1min之内的高度变化不得超过该点的最大允许误差。

7.2零位检查

将高度表放置于绝对压力为1013.25hPa的测量环境，调整其高度示值为0m，此时其气压示值与1013.25hPa之差应不超过±2hPa。

7.3示值误差校准

7.3.1 校准点选取。在测量范围内尽可能均匀选取至少6个校准点，具体校准点可根据用户需求自行选择。

7.3.2校准从最小校准点（或最大校准点）开始依次调整，按所选取的校准点逐点进行一个循环的校准测试。在校准过程中，应均匀缓慢控压至所选校准点（即标准高度值）对应的压力，然后分别读取标准压力值和被校高度表示值。在每个校准点上，稳定后的压力不得偏离该校准点±5hPa。

7.3.3 在各校准点上，压力稳定后分别读取并记录标准高度值和被校准高度表示值。高度表校准记录格式见附录A。

7.4回程误差的校准

回程误差的校准是在示值误差校准时进行，同一校准点正行程误差值与反行程误差值之差的绝对值即为回程误差。

7.5 数据处理

7.5.1用式（2）计算各校准点的气压标准值对应的位势高度值。

7.5.2高度表各校准点的示值误差$\overbar{∆H\_{i}^{'}}$由公式（4）求得：

$\overbar{∆H\_{i}^{'}}=\overbar{H\_{i}^{'}}-\overbar{H\_{i}}$ （4）

高度表各校准点的回程误差$∆H\_{ei}$由公式（5）求得：

$∆H\_{ei}=\left|H\_{Ii}-H\_{Di}\right|$ （5）

其中： $\overbar{H\_{i}}=\frac{1}{2}\left(H\_{Ii}+H\_{Di}\right)+C\_{i}$ （6）

 $\overbar{H\_{i}^{'}}=\frac{1}{2}\left(H\_{Ii}^{'}+H\_{Di}^{'}\right)$（7）

式中：

 $\overbar{H\_{i}}$--标准器在第$i$个校准点正反行程示值对应的位势高度平均值，m ；

$\overbar{H\_{i}^{'}}$--高度表在第$i$个校准点正反行程示值平均值，m ；

$H\_{Ii}$--标准器正行程第$i$个校准点示值对应的位势高度值，m ；

$H\_{Di}$--标准器反行程第$i$个校准点示值对应的位势高度值，m；

$c\_{i} $--标准器第$i$个校准点示值修正值对应的位势高度值，m ；

$H\_{Ii}^{'}$--高度表正行程第$i$个校准点示值，m ；

 $H\_{Di}^{'}$$p\_{Di}^{'}$--高度表反行程第$i$个校准点示值，m。

# 校准结果

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或报告应至少包括如下信息：

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) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；

e) 送校单位的名称和地址；

f) 被校对象的描述和明确标识；

g) 进行校准的日期，若与校准结果的有效性及应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

h) 如果与校准结果的有效性及应用有关时，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) 校准结果及其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，以及签发日期；

o) 校准结果仅是对被校对象有效的声明；

p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

经校准的高度表，发给校准证书或校准报告，加盖校准印章。

# 复校时间间隔

建议数字式气压高度表的复校时间间隔为1年。

# 附录A高度表校准记录格式

证书编号： 校准日期： 年 月 日

|  |  |
| --- | --- |
| 送校单位 |  |
| 仪器信息 | 被测表 | 标准器 |
| 仪表名称 |  |  |
| 制造厂家 |  |  |
| 仪器编号 |  |  |
| 测量范围 |  |  |
| 依据文件 |  | 准确度等级 |  |
| 有效期 |  |
| 零位检查 |  | 环境温度 |  ℃ | 相对湿度 |  % |
| 气密性检查 |  | 校准人 |  | 复核人 |  |
| 标准高度值 | 正行程 | 反行程 | 示值误差（ ） | 回程误差（ ） | 扩展不确定度（*k* =2） |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

# 附录B 数字式气压高度表校准证书内页格式第2页

|  |
| --- |
| 校准机构授权说明： |
| 校准环境条件及地点： |
| 环境温度 | ℃ | 地 点 |  |
| 环境湿度 | %RH | 其 他 |  |
| 校准使用的计量（基）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（基）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 | 计量（基）标准证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |

# 附录C 校准证书（内页）格式第3页

|  |
| --- |
| **校 准 结 果** |
| 1. 零位：2. 误差和扩展不确定度： |
| 序号 | 标准值 | 示值误差 | 回程误差 | 扩展不确定度（*k*=2） |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

注：下次校准请带此校准证书完整复印件。

附录D 数字式气压高度表测量不确定度评定

数字式气压高度表测量不确定度评定

**1 评定依据：**JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。

**2 测量方法：**

将测量范围为(0～1600)hPa、准确度等级为0.01级的数字气压计（745-23A）或自动标准压力发生器作为标准器。将被校准数字式气压高度表（以下简称高度表）放入气压检定箱中，压力控制器发生压力,将高度表在各校准点示值与标准器压力转换高度值或示值进行比较，高度表示值与标准器修正后对应的高度值之差为该高度表各校准点的示值误差。

**3 数学模型**

 $∆H\_{i}=H\_{i}^{'}-H\_{i}$ (1)

 其中：  （2）

 将式（2）代入式（1），得式（3）：

 （3）

式中： *—*气压高度表第个校准点的示值误差,m；

**—高度表第个校准点的示值,m；

—平均海平面处大气的热力学温度，取 288.15K；

— 对流层内大气温度的垂直梯度，取-0.006 5 K/m；

— 标准器第个校准点的示值，hPa；

— 在平均海平面处的标准大气压力，取1013.25hPa；

— 平均海平面以上（或以下）某处的位势高度，m；

— 标准重力加速度，取9.80665m/s2；

— 干空气比气体常数，取287.05287J/(K·kg)。

$C\_{i}$—标准器第个校准点压力示值修正值，hPa。

 注：标准器的压力示值修正值对应的高度修正值与气压高度表的最大允许误差相比，可以忽略不计。因此，此处$C\_{i}=0$。

**3 测量不确定度来源**

3.1 对被校准高度表示值进行多次重复测量引入的不确定度分量

3.2 测量时标准器测量不准引入的不确定度分量

3.3 被校准高度表分辨力引入的不确定度分量

**4 输入量的标准不确定度评定**

4.1被校准高度表示值误差的重复性

对E203型高度表进一个循环的测量，对不同点均有2个读数，取平均值作为测量结果，则标准不确定度用实验标准偏差来评估，以0m，500m，1000m，2000m，3000m，4000m，5000m高度点为例，校准数据见下表：

表1 E203型高度表的测试数据 单位：米

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 标准值 | 转换值 | 正行程示值 | 反行程示值 |
| 0 | 1013.25 | 0.0 | -1 | -2 |
| 500 | 954.61 | 500.0 | 496 | 496 |
| 1000 | 898.75 | 1000.0 | 992 | 992 |
| 2000 | 794.95 | 2000.0 | 1991 | 1991 |
| 3000 | 701.09 | 2999.9 | 2991 | 2991 |
| 4000 | 616.40 | 4000.0 | 3995 | 3995 |
| 5000 | 540.20 | 5000.0 | 4997 | 4997 |

被校准高度表误差的重复性是在每个测试点上分别计算的。校准过程中，应先将标准器的压力值按式（2）转换为高度值，再分别计算高度表的示值误差。因为在每个校准点上分别读取了2次数据，因此采用极差法计算单次测量的标准差，计算方法按式（4）计算。

$s\left(∆H\_{i}\right)=\frac{R\_{i}}{C}$ （4）

式中：

：在第个校准点上误差最大值与误差最小值之差；

：系数。当测量次数为2时取1.13。

由于被校准高度表在每个校准点上测量结果是用平均值表示的，因此，应将平均值的标准偏差作为该次测量结果的重复性。重复性引入的标准不确定度，即平均值的标准差按式（5）计算。

$u\left(∆H\_{i}\right)=s\left(\overbar{∆H\_{i}}\right)=\frac{s\left(∆H\_{i}\right)}{\sqrt{n}}$ （5）

式中

$\overbar{∆H\_{i}}$：高度表第个校准点误差平均值；

：高度表第个校准点测量的次数，取2。

表2 E203型高度表测量重复性引入标准不确定度 单位：米

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 误差平均值$$\overbar{∆H\_{i}}$$ | 标准偏差$$s\left(∆H\_{i}\right)$$ | 重复性$$u\left(∆H\_{i}\right)$$ |
| 0 | -1.5 | 0.885 | 0.626 |
| 500 | -4 | 0 | 0 |
| 1000 | -8 | 0 | 0 |
| 2000 | -9 | 0 | 0 |
| 3000 | -8.9 | 0 | 0 |
| 4000 | -5 | 0 | 0 |
| 5000 | -3 | 0 | 0 |

4.2标准器的标准不确定度

数字压力标准器的最大允许误差为±0.16hPa，按均匀分布，取，因此，在各检定点上标准器引入的标准不确定度为：

$u\_{p\_{i}}\left(∆H\_{i}\right)=\frac{0.16}{\sqrt{3}}=0.10 hPa$ （6）

4.3 被校准高度表分辨力引入的标准不确定度

由于被校准高度表分辨力为1m，该分布为均匀分布，包含因子，则高度表示值分辨力所引入的标准不确定度为：

$u\_{I}\left(∆H\_{i}\right)=\frac{δ}{k}=\frac{1}{2\sqrt{3}}=0.29m$ （7）

**5 合成标准不确定度的评定**

5.1 灵敏系数

=1， ，

5.2 标准不确定度一览表见表7

 表3 标准不确定度一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 概率分布 | $$c\_{i}$$ |  |
| 重复测量引入的标准不确定度$u\left(∆H\_{i}\right)$ | 正态 | 1 | 见表2 |
| 标准器引入标准不确定度$u\_{p\_{i}}\left(∆H\_{i}\right)$ | 均匀 | $$c\_{2}$$ | 0.10hPa |
| 分辨力引入的标准不确定度$u\_{I}\left(∆H\_{i}\right)$ | 均匀 | 1 | $$0.29m$$ |

5.3 合成标准不确定度

根据不确定度传播律：，对（1）式进行展开，有方差式：

 （8）

以灵敏系数表示：

 （9）

合成标准不确定度由下式计算:

$$u\_{c}\left(∆H\_{i}\right)=\sqrt{u^{2}\left(∆H\_{i}\right)+c\_{2}^{2}∙u\_{p\_{i}}^{2}\left(∆H\_{i}\right)+u\_{I}^{2}\left(∆H\_{i}\right)}$$

 =$\sqrt{u^{2}\left(∆H\_{i}\right)+\left(-\frac{T\_{0}R}{g\_{0}p\_{0}}\left(\frac{p}{p\_{0}}\right)^{-\frac{LR+g\_{0}}{g\_{0}}}\right)^{2}∙u\_{p\_{i}}^{2}\left(∆H\_{i}\right)+u\_{I}^{2}\left(∆H\_{i}\right)}$ (10)

 将表1和表2中的测量结果带入公式（10），计算得到测量结果的合成标准不确定度见表4。

表4 E203型数字式气压高度表的合成标准不确定度 单位：米

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | $$u\left(∆H\_{i}\right)$$ | $$\left|c\_{2}^{2}∙u\_{p\_{i}}^{2}\left(∆H\_{i}\right)\right|$$ | $$u\_{I}\left(H\_{i}^{'}\right)$$ | $$u\_{c}\left(∆H\_{i}^{'}\right)$$ |
| 0 | 1 | 0.8 | 0.3 | 1.4 |
| 500 | 0 | 0.9 | 0.3 | 1 |
| 1000 | 0 | 0.9 | 0.3 | 1 |
| 2000 | 0 | 1 | 0.3 | 1.1 |
| 3000 | 0 | 1.1 | 0.3 | 1.2 |
| 4000 | 0 | 1.2 | 0.3 | 1.2 |
| 5000 | 0 | 1.3 | 0.3 | 1.4 |

**6扩展不确定度计算**

测量结果接近正态分布，将各校准点的扩展不确定度按式（11）计算：

$U=2×u\_{c}\left(∆H\_{i}^{'}\right)$ (k=2) （11）

该高度表校准结果见表5

表5 E203型数字式气压高度表的校准结果 单位：米

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准点 | 误差值$$\overbar{∆H\_{i}}$$ | 扩展不确定度$U$ (k=2) |
| 0 | -1.5 | 2.8 |
| 500 | -4 | 2.0 |
| 1000 | -8 | 2.0 |
| 2000 | -9 | 2.2 |
| 3000 | -8.9 | 2.4 |
| 4000 | -5 | 2.4 |
| 5000 | -3 | 2.8 |