



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

## 雷达物位计

The Radar Level Measuring Devices

(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

# 雷达物位计校准规范

The Radar Level Measuring Devices

JJF XXXX-XXXX

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：湖南华菱湘潭钢铁有限公司

参加起草单位：XXX

XXX

XXX

本规范委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	3
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	4
8 校准结果的表达.....	5
9 复校时间间隔.....	6
附录 A 物位计校准装置.....	7
附录 B 雷达物位计校准记录参考格式.....	8
附录 C 雷达物位计校准证书内页参考格式.....	9
附录 D 雷达物位计示值误差测量不确定度评定示例.....	10

# 引言

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、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》共同构成支撑本校准规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 雷达物位计校准规范

## 1 范围

本规范适用于物位测量中非接触式雷达物位计校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 971—2019 液位计检定规程

GB/T 38617—2020 工业自动化仪表术语 物位仪表术语

GB/T 38620—2020 物位计性能评定方法

JB/T13252-2017 微波（雷达）物位计

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。

## 3 术语

### 3.1 雷达物位计 radar level transmitter

利用频率范围 1GHz~300GHz、波长 1mm~300mm 的微波来测量物位的仪表。（源于 GB/T 38617—2020）

## 4 概述

雷达物位计（简称物位计）通常安装容器顶部（如图 1 所示），是通过电磁波反射原理测量容器内物位计至物体表面的距离  $H'$ ，从而得到容器内的物位高度  $h$  的仪器。物位计广泛用于石油化工、水处理、食品加工、环保、水泥、钢铁、煤炭、冶金等行业物位的监测。物位计结构见图 2。

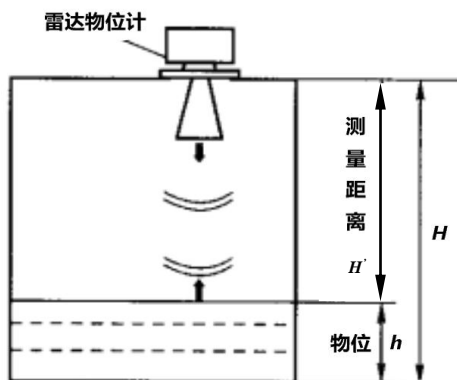


图 1 雷达物位计原理图

物位计主要由外壳(容纳电子部件)、外壳罩盖、显示装置、法兰、天线组成。其形状

如图 2 所示；

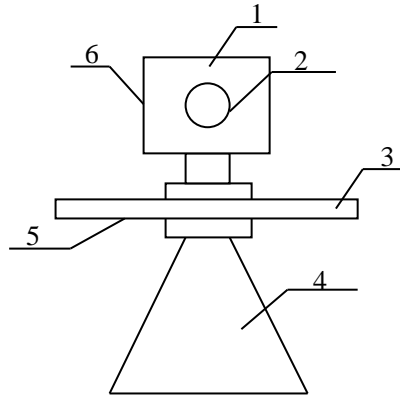


图2 雷达物位计结构

1—电子部件； 2—外壳罩盖； 3—法兰； 4—天线； 5—法兰下沿； 6—外壳

## 5 计量特性

### 5.1 示值误差

物位计的示值误差可以用两种方式表示：

a) 用量程的百分数表示示值误差方式见表 1

表 1 物位计用引用误差表示的示值误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0
示值误差 (%)	±0.10	±0.20	±0.50	±1.00

b) 用量程内的绝对误差值表示示值误差的方式为：2mm、3mm、5mm、10mm、20mm、50mm。

### 5.2 重复性

物位计单次测量的标准偏差不大于其示值误差限绝对值的 1/2。

### 5.3 回差

物位计示值的回差不大于示值误差的绝对值。

### 5.4 绝缘电阻

直流供电的物位计，其电源端子与接地端子（或金属外壳）之间的绝缘电阻不低于 20M $\Omega$ 。

交流供电的物位计，其电源端子与接地端子（或金属外壳）之间、电源端子与输出端子之间、输出端子与接地端子（或金属外壳）之间的绝缘电阻应不低于 50M $\Omega$ 。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

温度：（15~35）℃。

相对湿度：无凝露且≤90%。

无影响校准的机械振动和其他外界磁场。

## 6.2 测量标准及其他设备

校准时所需标准器及配套设备可按被校物位计的技术要求（见表2）选择。

表2 测量标准及其他设备

序号	校准项目	测量标准及其他设备	技术指标
1	示值误差	钢卷尺或激光测距仪 或物位计校准装置	(0~50) m  MPE: $\pm(1\text{mm}+1\times 10^{-6}D)$
2	重复性		
3	回差		
4	绝缘电阻	绝缘电阻表	直流 500V, 10 级
注：物位计校准装置组见附录 A			

## 7 校准方法

### 7.1 外观检查

首先检查外观，各部件应无影响正常工作的缺陷；

通电检查，用数码指示的物位计，显示的笔画不应出现影响正常读书残缺现象；没有影响计量特性的其他因素。

### 7.2 示值误差

首先将物位计固定于校准装置的测试架上见附录 A，使物位计基准面与校准装置基准面重合或相互平行。选取与校准装置基准面平行的任一平面为校准起始零点（推荐选择雷达物位计基准面或校准装置基准面），用钢卷尺（或激光测距仪）测量校准起始零点至反射板反射面的距离。在测量量程内至少选取 5 个校准点（推荐为仪表满量程的 20%、40%、60%、80%、100%处），校准点也可按用户指定的校准点校准。

接通物位计电源，从距离校准起始零点最近的反射板开始，由近到远缓慢移动或放置反射板至各校准点，当物位计读数稳定后，读取物位计在上行程中各测试点的示值（ $H_{zi}$ ）和标准器的标准值（ $H_s$ ）；相反，从距离校准起始零点最远的反射板开始，由远到近缓慢移动或放置反射板至各校准点，当物位计读数稳定后，读取物位计下行程中各测试点的示值（ $H_{fi}$ ）和标准器的标准值（ $H_s$ ）；按上述方法测量，将上行程和下行程中物位计各校准点较大平均示值与标准值之差作为该点的示值误差。



按公式 (1) 或 (2) 计算出该校准点的示值误差为

$$\Delta_H = \overline{H_{Zi}} - H_s \quad (1)$$

$$\text{或} \quad \delta_H = \frac{\overline{H_{Zi}} - H_s}{H_m} \times 100\% \quad (2)$$

式中:

$\Delta_H$ 、 $\delta_H$ ——各校准点的示值误差, mm、m 或%;

$\overline{H_{Zi}}$  ( $\overline{H_{Fi}}$ )——物位计上行程 (下行程) 各校准点的实际值的平均值, mm 或 m;

$H_s$ ——物位计某校准点的标准值, mm 或 m;

$H_m$ ——物位计量程, mm 或者 m。

各校准点的误差为该物位计的分段示值误差。

在校准范围内可以分段采用不同的误差值, 即在近距离测量误差较大时, 可标明近距离测量的实际误差。

### 7.3 回差

回差按公式 (3) 或公式 (4) 计算, 取二次回差最大值。

$$\Delta hi = |H_{zi} - H_{Fi}| \quad (3)$$

$$\delta hi = \frac{|H_{zi} - H_{Fi}|}{H_m} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $\Delta h_i$ 、 $\delta h_i$ ——物位计的回差, mm、cm、m 或%;

$H_{zi}$ 、 $H_{Fi}$ ——物位计同一循环中相同检定点上行程、下行程的实际值 mm、cm、

m。

$H_m$ ——物位计量程, mm 或者 m。

### 7.4 重复性

按 7.2 测量, 选取全程 (25%-75%) 之间 1 个校准点, 重复测量 6 次 ( $n=6$ ), 按公式 (5) 计算物位计的测量重复性:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (5)$$

式中：

$s$ ——测量重复性；

$x_i$ ——某次测量的物位计显示值；

$\bar{x}$ ——6次测量物位计显示值的平均值。

#### 7.5 绝缘电阻

断开物位计电源，将电源端子和输入端子分别短路，用绝缘电阻表测量电源端子、接地端子及外壳之间的绝缘电阻应满足：24VDC 供电不低于  $20\text{M}\Omega$ ；220VAC 供电不低于  $50\text{M}\Omega$ 。

#### 8 校准结果表达

经校准的物位计出具校准证书，测量参数及原始记录参见附录 B，证书内页参见附录 C。

#### 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。委托单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 雷达物位计示值校准示意图（供参考）

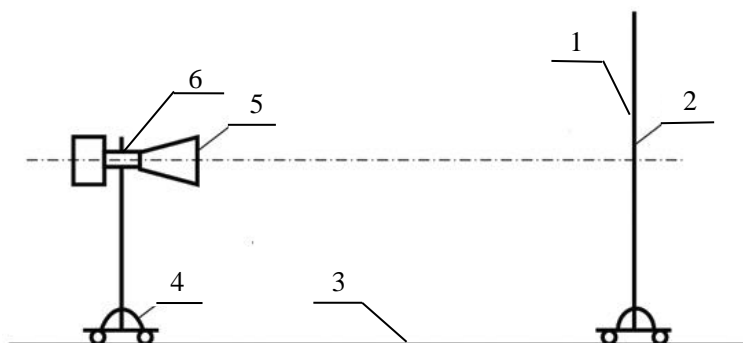


图3 连续距离变化的轨道式校准装置示意图

1—反射板； 2—反射板支架； 3—平行面； 4—可调发射支架； 5—雷达物位计； 6—法兰。

物位计示值校准建议采用以下2种形式校准：

1、能提供连续距离变化的轨道式校准装置（20~30）m，见图3。物位计水平固定在安装架上，物位计天线波束轴和轨道平行，轨道应平直，反射板垂直于天线波束轴，其中心移动轨迹与波束重合，反射板为金属平板，面积不小于1m\*1m。在轨道的一端和轨道的左右上下侧均贴上吸微波纸。

2、能提供若干个固定基准点测试装置，见图4。该装置由金属圆筒构成，物位计固定在圆筒的一端，天线波束轴和圆筒中心轴重合，圆筒内壁贴上吸微波材料。在圆筒轴线方向上的几个基准点位置（如距天线基准1m、4m、8m、12m、16m等）可垂直于轴线插入金属板，模拟物位反射。

单位为毫米

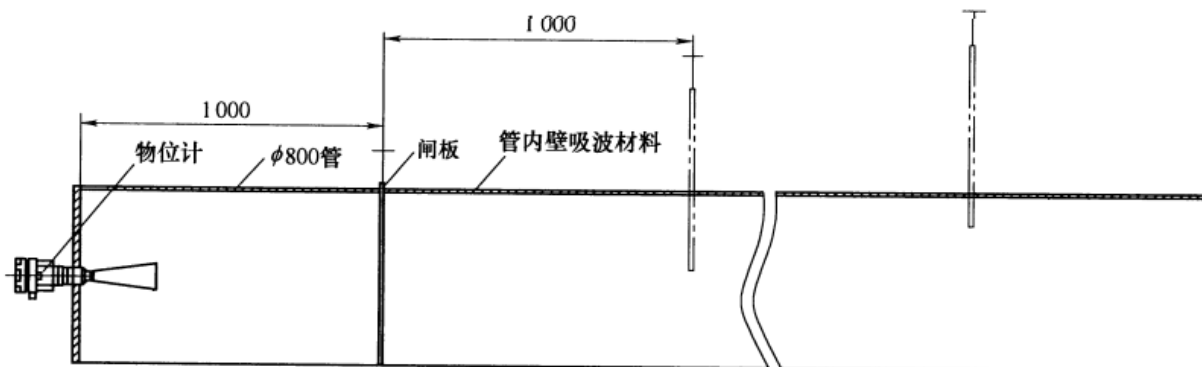


图4 圆筒形固定基准点校准装置示意图

## 附录 B

## 雷达物位计校准记录参考格式

记录编号：

证书编号：\_\_\_\_\_

委托单位		设备名称		型号规格	
测量范围		设备编号		出厂编号	
准确度等级		制造厂			
校准用标准设备溯源信息					
名称	设备编号	测量范围	准确度等级	证书编号	有效期至

校准依据\_\_\_\_\_ 校准地点\_\_\_\_\_

温度\_\_\_\_\_ 相对湿度\_\_\_\_\_

环境条件是否满足要求：满足 不满足 不满足原因\_\_\_\_\_

校准项目：

一、外观检查

二、示值误差及回差

测量点 (法兰下沿 为0点)	标准值 m	1		2		平均值		示值误差 (mm)	回差 (mm)
		$H_{zi}$	$H_{Fi}$	$H_{zi}$	$H_{Fi}$	$\overline{H}_{Zi}$	$\overline{H}_{Fi}$		

三、重复性

测量点 (m)	测量值 (m)					平均值 (m)	重复性

四、绝缘电阻 (MΩ)

R=

校准结果的扩展不确定度： $U =$ \_\_\_\_\_ ( $k = 2$ )

校准员 \_\_\_\_\_ 核验员 \_\_\_\_\_ 校准日期：\_\_\_\_\_

## 附录C

---

 雷达物位计校准证书内页参考格式
 

---

序号	校准项目	校准结果					
		m 处	m 处	m 处	m 处	m 处	
1	示值误差						
2	回差						
3	重复性						
4	绝缘电阻	$R = \quad \text{M}\Omega$					
5	外观						
6		$U = \quad (k=2)$					

## 雷达物位计示值误差测量不确定度评定示例

### D.1 概述

#### D.1.1 测量对象

物位计。

#### D.1.2 测量标准

钢卷尺

#### D.1.3 测量方法

将物位计安装在支架上，用钢卷尺测量物位计零位至反射板反射面的距离作为实际值，具体测量方法按本校准规范 7.2 条的规定进行。

### D.2 数学模型

$$\Delta h = H_m - H_b$$

式中：

$\Delta h$ ——雷达物位计的示值误差，mm；

$H_m$ ——雷达物位计示值的算术平均值，mm；

$H_b$ ——钢卷尺测量物位计零位至反射板反射面的实际距离（标准值），mm。

### D.3 不确定度传播率

$$u_c^2(\Delta h) = c_1^2 u^2(H_m) + c_2^2 u^2(H_b) = u^2(H_m) + u^2(H_b)$$

式中：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta h}{\partial H_m} = 1 ; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta h}{\partial H_b} = -1$$

### D.4 测量不确定度的来源

- 物位计重复性引入的标准不确定度；
- 物位计分辨力引入的标准不确定度；
- 钢卷尺标准不确定度。

### D.5 标准不确定度评定

#### D.5.1 输入量 $H_m$ 标准不确定度 $u(H_m)$ 的评定

输入量  $H_m$  的标准不确定度来源主要由以下两部分构成：

- 物位计示值重复性引入的标准不确定度分量  $u(H_{m1})$ ；

b. 物位计的分辨力引入的标准不确定度分量  $u(H_{m2})$ 。

#### D. 5. 1. 1 物位计示值重复性引入的标准不确定度分量 $u(H_{m1})$

用本装置校准物位计（物位计的分辨力为 10mm），在参考点 25m 处，重复测量 10 次（ $n=10$ ），测得数据如下（单位为 m）：25.01，25.01，24.99，25.01，24.99，24.99，25.00，25.01，25.01，25.01。其实验标准偏差为

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 9.5\text{mm}$$

测量点重复测量 3 次取平均值得到的实验标准偏差：

$$u(H_{m1}) = s / \sqrt{3} = 5.5\text{mm}$$

#### D. 5. 1. 2 物位计的分辨力引入的标准不确定度分量 $u(H_{m2})$

物位计的分辨力为 0.01m，半宽为 0.005m，认为其服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，因此由分辨力引入的不确定度  $u(H_{m2})$  为

$$u(H_{m2}) = 5 / \sqrt{3} = 2.9\text{mm}$$

重复性引入的标准不确定度分量和分辨力引入的标准不确定度分量，一般取其最大值，故：

$$u(H_m) = 5.5\text{mm}$$

#### D. 5. 2 输入量 $H_b$ 标准不确定度 $u(H_b)$ 的评定

钢卷尺引入的标准不确定度分量  $u(H_{b1})$

II 级钢卷尺最大允许误差为  $\pm (0.3\text{mm} + 2 \times 10^{-4}L)$ ， $L$  是四舍五入的整数米，当长度小于 1 时为 1m，半宽  $a$  为  $(0.3\text{mm} + 2 \times 10^{-4}L) / 2$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ， $L$  以 25m 代入，得到钢卷尺引入的不确定度分量  $u(H_{b1})$ ：

$$u(H_{b1}) = (0.3\text{mm} + 2 \times 10^{-4}L) / 2\sqrt{3} = 5.3\text{mm} / 2\sqrt{3} = 1.5\text{mm}$$

### D. 6 合成标准不确定度

#### D. 6. 1 主要标准不确定度汇总

主要标准不确定度汇总见表 B1。

表 B1 标准不确定度汇总

不确定度分量来源	$a_{\Delta h}$ /mm	$k(\Delta h)$	$u(\Delta h)$ /mm
物位计的示值重复性	9.5	$\sqrt{3}$	5.5
钢卷尺的最大允许误差	5.3	$\sqrt{3}$	1.5
注： $a_{\Delta h}$ 为标准偏差。			

## D.6.2 合成标准不确定度的计算

输入量  $H_m$  和  $H_b$  彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按公式 (B1) 计算：

$$u_c^2(\Delta h) = u^2(H_m) + u^2(H_b) \quad (\text{B1})$$

$$u_c(? h) = \sqrt{5.5^2 + 1.5^2} = 5.7 \text{ (mm)}$$

## D.7 扩展不确定度的评定

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = ku_c(\Delta h) = 12\text{mm}$$

## D.8 测量不确定度的报告与表示

物位计校准 25m 测量点时，其示值误差的测量扩展不确定度为

$$U = 12\text{mm} \quad (k=2)$$

换算至相对扩展不确定度为： $U = 5 \times 10^{-4} \quad (k=2)$





中华人民共和国  
国家计量技术规范  
XXXXXXXXXX 校准规范  
**JJFXXXX—XXXX**  
国家市场监督管理总局发布