

ICS 17.040.30

CCS N 12

团 体 标 准

T/GDASE 0054—2024

# 液化天然气气瓶电容式液位计

Capacitance fuel content gauge for liuquefied natural gas cylinder

2024 - 12 - 19 发布

2024 - 12 - 19 实施

广东省特种设备行业协会 发布



## 目 录

前 言.....	I
1 范围.....	2
2 规范性引用文件.....	2
3 术语和定义.....	2
4 构成及基本要求.....	3
5 试验.....	5
6 检验规则.....	9
7 标志、包装、运输和贮存.....	10



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由广东省特种设备行业协会提出。

本文件由广东省氢能标准化技术委员会（GD/TC 138）归口。

本文件起草单位：广东省特种设备检测研究院、成都兰石低温科技有限公司、大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司、北京明晖天海气体储运装备销售有限公司、中国石油大学（华东）储运与建筑工程学院、成都朗瑞深冷科技有限公司、一汽解放汽车有限公司、常州蓝翼特种装备制造有限公司、上海市特种设备监督检验技术研究院、山东奥扬新能源科技股份有限公司、张家港中集圣达因低温装备有限公司、江苏秋林特能装备股份有限公司、四川中科九微氢能科技有限公司

本文件主要起草人：陈正军、郑任重、黄钧、劳英杰、刘金良、韩冰、古海波、李兆亭、谭粤、李蔚、夏莉、陈树军、龚伟、魏东琦、袁奕文、白江坤、陆江峰、魏义平、崔庆丰、李杰、张耕、杨刚、徐瑶、屈莎莎、胡昆、洪湖、马志鹏、谢湘霖、叶翠琳、潜坤、王景康。

本文件为首次发布。

# 液化天然气气瓶电容式液位计

## 1 范围

本文件规定了液化天然气气瓶电容式液位计（以下简称“液位计”）的术语和定义，构成及基本要求，试验，检验规则，标志、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于环境温度范围为-40℃~60℃，安装在焊接绝热气瓶和汽车用液化天然气气瓶内的电容式液位计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第 17 部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB 3836.1 爆炸性环境 第1部分：设备通用要求

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 17214.1 工业过程测量和控制装置工作条件 第 1 部分：气候条件

GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 21437.2 道路车辆 电气/电子部件对传导和耦合引起的电骚扰试验方法 第2部分：沿电源线的电瞬态传导发射和抗扰性

GB/T 28046.2-2019 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 2 部分：电气负荷

GB/T 28046.3-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 3 部分：机械负荷

GB/T 28046.4-2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 4 部分：气候负荷

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**电容式液位计 Capacitance fuel content gauge**

基于天然气液位高度与电容关系的液位测量装置。

### 3.2

**电容式传感器 Capacitance Sensor**

随液位高度变化而输出不同电容值的装置（以下简称传感器）。

### 3.3

**变送器 Transmitter**

把传感器的电容信号转变为可被识别的液位信号（模拟信号或数字信号）的装置。

### 3.4

**显示器 Monitor**

用于显示液量的仪表。

注：汽车仪表显示液位的显示器不在本文件范围内。

### 3.5

#### 密封组件 Seal assembly

密封传感器测量引线的装置。

### 3.6

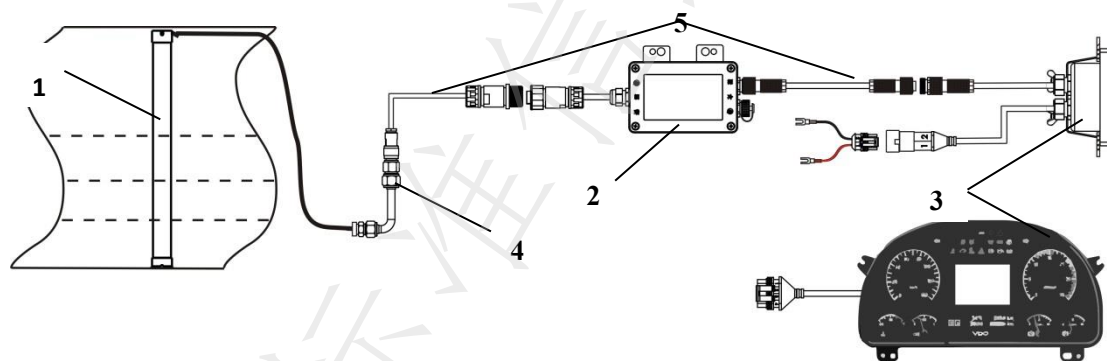
#### 连接电缆 Connecting cable

将传感器、变送器、显示器进行电气连接并传输信号的导线，包括连接器。

## 4 构成及基本要求

### 4.1 构成

液位计主要由传感器、变送器、显示器、密封组件、连接电缆等构成，如图1所示。



标引序号说明：

1——传感器； 2——变送器； 3——显示器； 4——密封组件； 5——连接电缆。

图 1 液位计构成示意图

### 4.2 基本要求

#### 4.2.1 环境条件

液位计各部件的工作环境条件符合表1规定。显示器、变送器及连接电缆还应符合GB/T 17214.1和GB/T 28046.4-2011的规定。

表 1 工作环境条件

项目	传感器	密封组件	变送器、连接电缆	显示器
温度	-196℃~+200℃	-196℃~+85℃	-40℃~+85℃	-25℃~+55℃
相对湿度	不适用	5%~95%		
工作压力	1.6 MPa		大气压	

#### 4.2.2 输出信号

4.2.2.1 模拟信号包括直流电流信号 4mA~20mA、直流电压信号 1V~5V 或客户定制信号输出。

4.2.2.2 数字信号以标准协议或定制协议采用总线数据传输方式输出。

#### 4.2.3 材料

4.2.3.1 与盛装液体接触部件的材料应与气瓶所盛装介质的相容。

4.2.3.2 与盛装液体接触部件的材料应适应 4.2.1 规定的环境条件要求。

#### 4.2.4 外观

4.2.4.1 传感器及密封组件外表面应光洁，不应有凹痕、划伤、裂缝、变形等缺陷。

4.2.4.2 有防锈、防腐蚀涂层的变送器壳体表面不应有起皱或起层现象，金属件不应有锈蚀现象。

4.2.4.3 显示器显示应清晰、完整。

#### 4.2.5 结构

传感器上测量、下测量盲区应不大于 30 mm。

#### 4.2.6 误差

4.2.6.1 液位计基本误差不应超过 $\pm 5\%$ F.S。

4.2.6.2 液位计回差不应超过 $\pm 2\%$ F.S。

4.2.6.3 液位计重复性误差不应超过 2%F.S。

#### 4.2.7 密封

密封组件在内部承受试验压力为 3.2MPa 时，不应有泄漏；按照 5.4.2 和 5.4.3 试验，保压 5 分钟压力值下降不应超过试验压力的 2%。

#### 4.2.8 电气性能

##### 4.2.8.1 供电电压范围

液位计的供电电压应符合表 2 的规定，在试验期间及试验后输出信号应符合 4.2.2 要求。

表 2 供电电压参数

标称电源电压 V	供电电压 V		反向电压 V	过电压 V
	$U_{s \min}$	$U_{s \max}$		
12	9	16	14	18
24	16	32	28	36

##### 4.2.8.2 过电压

液位计在表 2 规定的过电压下，试验期间和试验后输出信号应符合 4.2.2 要求。

##### 4.2.8.3 反向电压

液位计在承受表 2 规定的反向电压后，恢复正常供电后输出信号应符合 4.2.2 要求。

##### 4.2.8.4 绝缘电阻

传感器、变送器、连接电缆、显示器绝缘电阻不应小于 50 M $\Omega$ 。

##### 4.2.8.5 耐电压

液位计在承受有效值为 500 V 的交流电压情况下，不应出现击穿和闪络现象。

#### 4.2.9 电磁兼容性

##### 4.2.9.1 静电放电抗扰度

液位计进行静电放电抗扰度试验暴露于干扰期间及之后输出信号应符合 4.2.2 要求。

##### 4.2.9.2 射频电磁场辐射抗扰度

液位计进行射频电磁场辐射抗扰度暴露于干扰期间及之后输出信号应符合4.2.2要求。

#### 4.2.9.3 沿电源线的电瞬态传导

液位计进行沿电源线的电瞬态传导暴露于干扰期间及之后输出信号应符合4.2.2要求。

#### 4.2.10 机械振动

液位计在机械振动试验期间输出信号应符合4.2.2要求，误差应符合4.2.6要求。

#### 4.2.11 环境适应性

##### 4.2.11.1 低温试验和高温试验

液位计在低温贮存和低温运行、高温贮存和高温运行试验期间输出信号应符合4.2.2，误差应符合4.2.6的要求。

##### 4.2.11.2 温度循环试验

液位计在温度循环试验期间输出信号应符合4.2.2要求，误差应符合4.2.6要求。

##### 4.2.11.3 湿热循环工作试验

液位计在湿热循环工作试验期间输出信号应符合4.2.2要求，误差应符合4.2.6要求。

##### 4.2.11.4 耐盐雾试验

变送器、密封组件经过耐盐雾试验后应符合4.2.4.2的要求。

#### 4.2.12 防护等级

变送器防护等级不低于IP65，显示器防护等级不低于IP54。

#### 4.2.13 防爆

液位计应满足GB 3836.1中I区的使用要求，设备物质分类IIA级，温度组别T4。

## 5 试验

### 5.1 一般要求

——环境温度:15°C~35°C;

——相对湿度:试验过程应保持在相对湿度 30%~70%之间的某一恒定值±10%内;

——大气压力:86 kPa~106 kPa。

注:本文件没有特殊说明,各项试验均在上述条件下进行。

### 5.2 外观检查

用目视和手感触摸的方法进行。

### 5.3 误差检测

#### 5.3.1 基本误差

基本误差测量方法见附录A。

#### 5.3.2 回差

回差由上行程误差平均值与下行程误差平均值之间的最大差确定。

#### 5.3.3 重复性误差

重复性误差由同一行程、同一被测点各次测量得到的误差确定，并由各误差与其平均误差之偏差的均方根计算得出。计算按照公式（1）。

$$\Delta_r = \sqrt{\sum(\Delta_i - \bar{\Delta})^2 / N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $\Delta_r$ —同一被测点的重复性误差；
- $\Delta_i$ —同一被测点的基本误差；
- $\bar{\Delta}$ —同一被测点N次测量得到的基本误差算术平均值。

#### 5.4 密封试验

##### 5.4.1 试验装置气密性

5.4.1.1 试验装置气密性试验按图 1 所示进行布置。

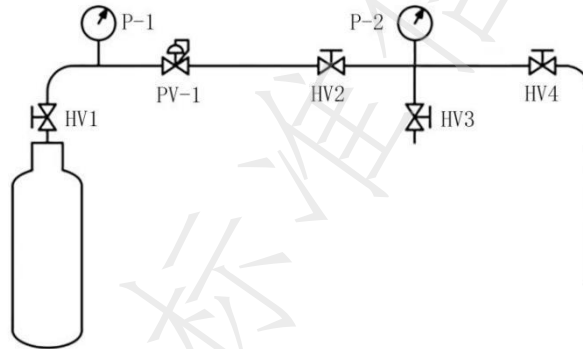


图1 气密性试验装置示意图

阀门代号说明：

PV-1—减压阀；HV1—高压截止阀；HV2—截止阀；HV3—放空截止阀；HV4—截止阀；P-1、P-2—压力表。

5.4.1.2 试验步骤如下：

- a) 打开 HV2、关闭 HV3、HV4；
- b) 打开 HV1 充入氮气或氦气至 PV-1，调整 PV-1 输出压力至试验压力，保持 5min；
- c) 关闭 HV2 后开始计时；
- d) 压力维持 5min 后记录 P-2 示值  $P_0$ 。

##### 5.4.2 常温气密性试验

5.4.2.1 将密封组件接入压力试验装置，试验布置如图 2 所示。

5.4.2.2 试验步骤如下：

- a) 打开 HV2、HV4，关闭 HV3；
- b) 打开 HV1 充入氮气或氦气至 PV-1，调整 PV-1 输出压力至试验压力，保持 5min；
- c) 关闭 HV2 后开始计时；
- d) 压力维持 5min 后记录 P-2 示值  $P_1$ ，关闭 PV-1，密封组件常温压降按式(2)计算。

$$\Delta P_1 = P_0 - P_1 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta P_1$ : 密封组件常温压降, MPa;

$P_0$ : 试验装置维持压力, MPa;

$P_1$ : 常温接入密封组件时的维持压力, MPa。

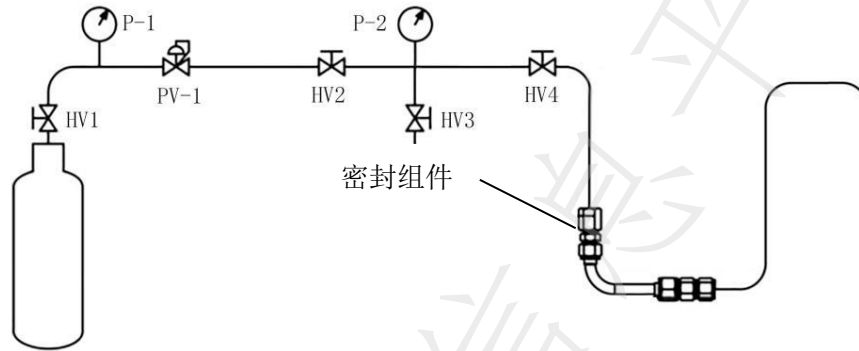


图2 常温气密性试验布置示意图

#### 5.4.3 低温气密性试验

5.4.3.1 将经过 5.4.2 试验且合格的密封组件接入压力试验装置, 试验布置如图 3 所示。

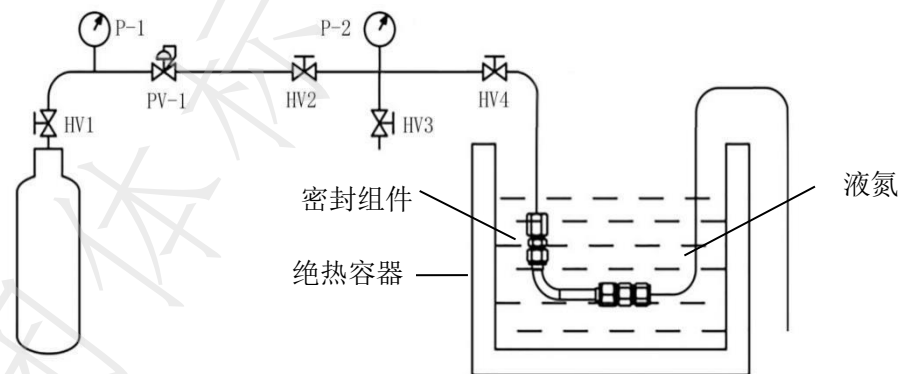


图3 低温气密性试验布置示意图

5.4.3.2 试验步骤如下:

- 将密封组件浸没与液氮中 30 min;
- 打开 HV2、HV4, 关闭 HV3;
- 打开 HV1 充入氮气或氦气至 PV-1, 调整 PV-1 输出试验压力, 保持 5min;
- 关闭 HV2 后开始计时;
- 压力维持 5min 后记录 P-2 示值, 关闭 PV-1, 密封组件常温压降按式 (4) 计算:

$$\Delta P_2 = P_0 - P_2 \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$\Delta P_2$ : 密封组件低温压降, MPa;

$P_0$ : 试验装置维持压力, MPa;

$P_2$ : 低温接入密封组件时的维持压力, MPa。

## 5.5 电气性能试验

### 5.5.1 供电电压范围

供电电压范围试验按照GB/T 28046.2-2019规定的方法和表2规定的电压值对变送器和显示器进行试验。

### 5.5.2 过电压

过电压试验按照GB/T 28046.2-2019规定的方法和表2规定的电压值对变送器和显示器进行试验。

### 5.5.3 反向电压

试验按照GB/T 28046.2-2019规定的方法和表2规定的反向电压值对变送器和显示器进行试验。

### 5.5.4 绝缘电阻

按照GB/T 28046.2-2019规定的方法，对传感器、变送器、显示器、连接电缆的绝缘电阻进行测量。除传感器外，其余组件还应按进行GB/T 28046.4-2011的5.6.2.2的方法进行湿热循环试验处理。

### 5.5.5 耐电压

按照GB/T 28046.2-2019规定的方法，对传感器、变送器、显示器、连接电缆进行耐电压试验。除传感器外，其余组件还应按进行GB/T 28046.4-2011的5.6.2.2的方法进行湿热循环试验处理。

## 5.6 电磁兼容试验

### 5.6.1 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2的规定，对变送器和显示器进行等级为3级（接触放电，试验电压为6kV），次数不少于10次的ESD直接放电试验。

### 5.6.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按GB/T 17626.3的规定，对变送器和显示器进行等级为4级（试验场强为30V/m）的试验。

### 5.6.3 沿电源线的电瞬态传导试验

按GB/T 21437.2的规定，对变送器和显示器进行等级为III级的试验。

## 5.7 机械振动试验

按照GB/T 28046.3-2011规定的方法，对液位计进行“试验VII—商用车弹性体”要求的机械振动试验。

## 5.8 环境适应性

### 5.8.1 低温试验和高温试验

按GB/T 28046.4-2011规定的方法和表3规定的参数分别进行低温贮存和低温运行、高温贮存和高温运行试验。试压过程中，变送器、显示器、密封组件和连接电缆置于试验箱中。

表3 环境参数

试验条件	低温贮存 $T_{\min}$	低温运行 $T_{\min}$	高温贮存 $T_{\max}$	高温运行 $T_{\max}$
变送器、连接电缆、密封组件	$-40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	$+85^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	$+85^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$
显示器	$-40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	$-25^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	$+65^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$	$+55^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$
持续时间	24h	24h	48h	96h

表 3 环境参数 (续)

试验条件	低温贮存 $T_{\min}$	低温运行 $T_{\min}$	高温贮存 $T_{\max}$	高温运行 $T_{\max}$
恢复时间	2h	—	2h	—
状态	非工作状态	工作状态	非工作状态	工作状态

### 5.8.2 温度循环试验

按照GB/T 28046.4-2011中5.3.1.2规定的方法和表3规定的参数进试验。试验过程中,变送器、密封组件和连接电缆置于试验箱中,传感器和显示器置于试验箱外,通过电缆与试验箱内部件组装成套。

按照GB/T 28046.4-2011中5.3.1.2规定的方法和表3规定的参数进试验。试验过程中,显示器置于试验箱中,传感器、密封组件和连接电缆置于试验箱外,组装成套后将输出信号接入显示器。

### 5.8.3 湿热循环工作试验

按照GB/T 28046.4-2011中5.6.2.3规定的方法进试验。试压过程中,变送器、显示器、密封组件和连接电缆置于试验箱中,传感器置于试验箱外,通过电缆与试验箱内部件组装成套。

### 5.8.4 耐盐雾试验

按照GB/T 2423.17规定的方法对变送器、密封组件及连接电缆进行48h中性盐雾试验。

### 5.9 防护等级

按GB/T 4208规定的方法对变送器和显示器进行试验。

### 5.10 防爆

液位计应经有资质的防爆检验机构审查和检验,取得防爆合格证书。

## 6 检验规则

### 6.1 出厂检验

6.1.1 液位计在出厂前应按表4规定的检验项目逐件检验。在检验过程中,如有一项不合格则该件不合格。

6.1.2 在经逐件检验合格的产品中,按GB/T 2828.1检验水平S-1抽取,检验项目按表4规定。在检验过程中,如果有1件不符合本部分某一项的要求,则重新按GB/T 2828.1检验水平S-4抽取,重新检验时,如仍有项目不合格,则该批液位计不合格。

### 6.2 型式试验

6.2.1 如有下列情况之一时,应进行型式试验:

- 产品定型投产时;
- 产品停产一年以上,恢复生产时;
- 产品的设计、工艺和材料有重大变更可能影响产品质量时。

6.2.2 型式试验的样品从出厂检验合格中随机抽取6件,试验项目按表4规定。

表 4 检验试验项目表

序号	检验项目	检验要求	检验方法	逐件检验	抽检	型式试验
1	外观	4.2.4	5.2	√	√	√
2	基本误差	4.2.6.1	5.3.1		√	√
3	回差	4.2.6.2	5.3.2			√

表 4 检验试验项目表（续）

序号	检验项目	检验要求	检验方法	逐件检验	抽检	型式试验
4	重复性误差	4.2.6.3	5.3.3			√
5	常温气密性试验	4.2.7	5.4.2	√		√
6	低温气密性试验	4.2.7	5.4.3		√	√
7	供电电压范围	4.2.8.1	5.5.1	√		√
8	过电压	4.2.8.2	5.5.2	√		√
9	反向电压	4.2.8.3	5.5.3	√		√
10	绝缘电阻	4.2.8.4	5.5.4	√		√
11	耐电压	4.2.8.5	5.5.5		√	√
12	静电放电抗扰度试验	4.2.9.1	5.6.1			√
13	射频电磁场辐射抗扰度试验	4.2.9.2	5.6.2			√
14	沿电源线的电瞬态传导试验	4.2.9.3	5.6.3			√
15	机械振动试验	4.10	5.7			√
16	低温试验和高温试验	4.11.1	5.8.1			√
17	温度循环试验	4.11.2	5.8.2			√
18	湿热循环工作试验	4.11.3	5.8.3			√
19	耐盐雾试验	4.11.4	5.8.4			√
20	外壳防护等级	4.12	5.9			√
21	防爆	4.13	5.10			√

6.2.3 型式试验结果的判定按本文件要求应全部符合。

## 7 标志、包装、运输和贮存

### 7.1 标志

- 7.1.1 传感器标志打印在传感器外管底部，应有型号规格。
- 7.1.2 显示器的铭牌应清晰、正确无误，应有以下内容：
- 制造厂名称；
  - 产品名称、型号规格；
  - 生产日期及出厂编号。
- 7.1.3 变送器的铭牌包含 7.1.2 规定的内容，还应有以下内容：
- 明显处须有清晰的永久性凸纹标志“Ex”；
  - 防爆标志；
  - 防爆合格证编号。

### 7.2 包装

- 7.2.1 产品应按 GB/T 13384 所规定的要求和方法进行包装。

7.2.2 外包装箱上应有以下内容：

- a) 制造厂名称及商标；
- b) 产品名称、型号；
- c) 产品数量；
- d) “怕雨”、“怕晒”、“向上”、“易碎物品”等图示标志，应符合 GB/T 191 规定。

7.2.3 包装箱内应有用防潮纸或塑料袋包装封口的文件，文件应包含以下内容：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 装箱单。

7.3 运输

运输过程中防止碰撞、露天雨淋或暴晒。

7.4 贮存

液位计应贮存于干燥、通风、无腐蚀性气体、远离热源的室内。

附录 A  
(资料性)  
液位计基本误差参考方法

试验装置原理示意图如图A.1所示，被测介质采用液氮。

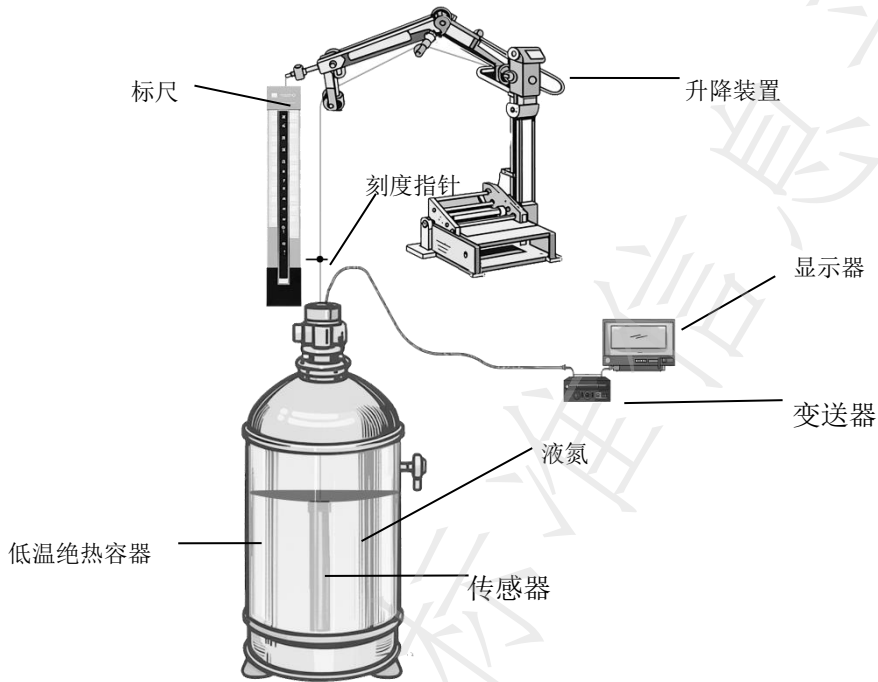


图 A.1 液位测量示意图

说明：

低温绝热容器：放置于水平地面，内部盛装介质为液氮；

液氮：用作电容式液位计基本误差测量的介质，对于非参型液位计，应在试验前确定液氮介质的相对介电常数；

传感器：用作测量介质的高度的传感器，垂直于介质面浸入；

升降装置：通过线缆与电容式液位计连接，实现电容式液位计的垂直升降；

标尺和刻度指针：用于确定传感器浸入介质的实际深度；

变送器：将传感器测得的信号转换特定型式标准信号；

显示器：将变送器信号进行可视化展示的装置。

### 测量过程简述

将传感器浸没于低温绝热容器盛装的液氮中，待传感器充分冷却浸润后（冷却浸润时间通常与传感器、低温绝热容器的体积及其内部盛装的液氮量有关，当液氮介质充分平静，无可见沸腾现象时，可视为已经充分冷却浸润）。

通过升降装置使传感器缓慢提升或反向提升，直至寻找到液位计液位零点，此时即为传感器的起始测量位置，将当前标尺位置记为零位。

以标尺为参考，缓慢提升传感器，在液位计全量程范围内均匀选取5个液位点，记录下各液位点示值或输出信号。

注1：当传感器逐渐浸入及或反向浸入时，会改变低温绝热容器内介质的高度，应通过计算对浸入的实际高度进行修正；

注2：上述试验方法未考虑低温介质的气化效应影响，故整个测量流程应对时间进行控制。在具体实施时，应采用不低于两倍传感器的高度的窄口低温绝热容器，在上述条件下，当低温介质足够平静时，在 10min 内因气化效应带来的影响通常是可以忽略的。

改变测量行程方向，共测三个循环。

用上述三个循环得到的数据，计算每个循环、每个行程、每个试验点的基本误差，如式（A.1）：

$$\Delta = \frac{H_c - H}{H_{ps}} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$\Delta$ —被测点的基本误差；

$H_c$ —被测液位计在被测点的示值或输出信号折算为相应的液位高度（mm）；

$H$ —由校验系统在被测点所得到的实际液位高度（mm）；

$H_{ps}$ —被测液位计的测量范围（mm）。

液位计的基本误差由各被测点中的最大正或负误差确定。