

# AI-5601 手持式高精度数字温度计

## 使用说明书

(支持多点校正, 消除整机固有误差)



## 目录

1. 概述 .....	2
2. 技术指标 .....	3
3. 输入接线和注意事项 .....	5
4. 显示屏说明 .....	6
5. 按键操作 .....	7
6. 菜单设置 .....	9
7. 菜单参数说明 .....	10
8. 校准 .....	11
9. 表头带传感器整机误差的校正 .....	13
10. 电子分度表的使用方法 .....	18
11. 提示信息说明 .....	18
12. 附件 .....	19
13. 选件 .....	20
附录： LCD 显示和所代表的字符对照表 .....	20

## 1. 概述

AI-5601 型高精度数字温度计，基于 24 位模数转换器和 16 位单片机设计，具有高准确度、高稳定性、低功耗、多输入、多测量结果、操作简单、带有传感器整机误差软件校正功能，可以通过标准值校正法或证书值校正法，消除或减小包括传感器在内的整机固有误差，解决了表头精度高、传感器精度低的矛盾，大大提高仪表整机准确度。通过匹配合适的传感器，AI-5601 可以广泛用于生产、科研、实验室手持精密测温和  $\Omega$ /mV/mA 精密测量场合。主要特性：

- (1) 表头允许误差可达 0.02 级。
- (2) 具有表头误差校准功能、带传感器整机误差校正功能。
- (3) 校正记录：每个分度号独立配备 15 个校正记录，每个记录可以有 30 点校正数据。
- (4) 输入类型：Pt100、Pt1000、Cu50、Cu100、K、S、E、T、J、R、B、N，以及  $\Omega$ 、mV、mA 信号。其中热电偶有内部、外部、人工三种补偿方式。
- (5) 数学统计测量：除基本测量值外，还同时测得相对值、最大值、最小值、平均值、峰峰值、标准偏差和采样数。
- (6) 六位数字显示，分辨力可设：最高分辨力为 0.001℃（热电阻）或 0.01℃（K/E/J/T/N 热电偶）。
- (7) 对热电阻和热电偶有四种显示单位，可任意切换： $\Omega$ 或 mV、℃、°F、K。
- (8) 上限、下限报警功能。
- (9) 低功耗：采用三节 5 号（AA）碱性电池，在背光关闭下，连续工作时间 1000 小时（典型值）。
- (10) 开机显示定制：包括数学模式、分辨力、显示单位、参考端补偿方式。
- (11) 采样速率和滤波强度可调。
- (12) 显示保持、自动背光关断、自动关机、电池低电压检测。
- (13) 常用热电阻和热电偶分度表的“温度值-电量值”互查。

## 2. 技术指标

### (1) 测量范围和允许误差:

tyPE 代码	分度号 [E Y P E]	有效测量范围	1 年允许误差Δ (见注, 不包括传 感器误差)	温度系数 (0~18) °C 和 (28~40) °C
0	Pt100	(-100.000~+200.000)°C	±0.060°C	±0.003°C/°C
1	Pt100	(-200.000~+850.000)°C	± (0.02%RDG +0.060°C)	±0.010°C/°C
2	Pt1000	(-140.000~+320.000)°C	± (0.02%RDG +0.060°C)	±0.003°C/°C
3	Cu50	(-50.000~+150.000)°C	±0.080°C	±0.004°C/°C
4	Cu100	(-50.000~+150.000)°C	±0.060°C	±0.008°C/°C
10	Ω	(0.000~2220.00) Ω	± (0.02%RDG +50mΩ)	±20 mΩ/°C
11	mV	(-100.000~+200.000)mV	± (0.015%RDG+10μV)	±3uV/°C
12	mA	(-2.000~+24.000)mA	± (0.03%RDG +3μA)	±0.4uA/°C
13	K	(-200.00~+1372.00)°C	(-100~-1372)°C: ±0.50°C	±0.03°C/°C
			(-200~-100)°C: ±0.80°C	±0.05°C/°C
14	S	(0.0~1768.0)°C	(200~1768)°C: ±0.8°C	±0.05°C/°C
			(0~200)°C: ±1.2°C	±0.07°C/°C
15	E	(-200.00~+1000.00)°C	(-100~+1000)°C: ±0.40°C	±0.03°C/°C
			(-200~-100)°C: ±0.60°C	±0.05°C/°C
16	T	(-200.00~+400.00)°C	(-100~+400)°C: ±0.50°C	±0.03°C/°C
			(-200~-100)°C: ±0.60°C	±0.05°C/°C
17	J	(-210.00~+1200.00)°C	(-100~+1200)°C: ±0.50°C	±0.03°C/°C
			(-210~-100)°C: ±0.60°C	±0.05°C/°C
18	R	(0.0~1768.0)°C	(200~1768)°C: ±0.8°C	±0.05°C/°C
			(0~200)°C: ±1.2°C	±0.07°C/°C
19	B	(300.0~+1820.0)°C	(600~+1820)°C: ±0.9°C	±0.05°C/°C
			(300~600)°C: ±1.3°C	±0.07°C/°C
20	N	(-200.00~+1300.00)°C	(-100~+1300)°C: ±0.50°C	±0.03°C/°C
			(-200~-100)°C: ±0.90°C	±0.05°C/°C

注:

- 基于 ITS-90 温标; 环境条件: (23±5) °C、≤85%RH; 在稳定的环境条件下放置至少 1 小时, 开机 5min, 菜单参数 S\_rAtE[5\_r F L E]=1, FILt[F I L E]=1, 不包括传感器误差。当 S\_rAtE[5\_r F L E]=2 时, 允许误差 = 1.2Δ。
- 通过第 9 节“表头带传感器整机误差的校正”方法, 可以消除传感器和仪表的固定误差分量。
- 热电阻和热电偶以其他单位 (Ω、mV、°F、K) 显示的测量范围和允许误差与上表等效。
- 本说明书中, 方括弧“[ ]”内的内容均为 LCD 显示的字符格式。

(2) 分辨力: 最高分辨力为:

TYPE[TYPE]值	分度号	电量	摄氏度℃	华氏度°F	开尔文 K
0	Pt100	1mΩ	0.001℃	0.001°F	0.001K
1	Pt100	1mΩ	0.001℃	0.001°F	0.001K
2	Pt1000	10mΩ	0.001℃	0.001°F	0.001K
3	Cu50	1mΩ	0.001℃	0.001°F	0.001 K
4	Cu100	1mΩ	0.001℃	0.001°F	0.001 K
10	Ω	<998.000Ω: 1mΩ ≥998.00Ω: 10 mΩ			
11	mV	1μV	----	----	----
12	mA	1μA	----	----	----
13	K	1μV	0.01℃	0.01°F	0.01 K
14	S	1μV	0.1℃	0.1°F	0.1 K
15	E	1μV	0.01℃	0.01°F	0.01 K
16	T	1μV	0.01℃	0.01°F	0.01 K
17	J	1μV	0.01℃	0.01°F	0.01 K
18	R	1μV	0.1℃	0.1°F	0.1 K
19	B	1μV	0.1℃	0.1°F	0.1 K
20	N	1μV	0.01℃	0.01°F	0.01 K

注: 华氏度 (°F) 不是中华人民共和国法定计量单位, 除非特殊需要, 不要使用华氏度 (°F) 作为温度量值单位。

(3) 示值稳定性: 短时间 (10min) 内小于|Δ|/6、较长时间 (8h) 内小于|Δ|/4。

注:

a) 示值稳定性指在稳定的输入条件下, 示值的波动范围, 用最大值减最小值(即 P-P 值)的一半表示。示值稳定性和输入信号的大小、S\_rAtE[S\_rAtE]值、FILt[FILt]值有关。

b) 测量条件: 仪表在稳定的温湿度环境下放置 1h、开机时间 5min 后, S\_rAtE[S\_rAtE]=1、FILt[FILt]=1、热电偶采用 MAN 补偿方式, 输入 80%FS 稳定的信号。

(4) 采样速率: 采样速率由菜单参数 S\_rAtE[S\_rAtE]设置。

输入信号	S_rAtE=0	S_rAtE =1	S_rAtE =2
热电偶 (INT/EXT 补偿)	3.3 次/s	6.6 次/s	12.1 次/s
其他输入信号	3.5 次/s	7.0 次/s	13.2 次/s

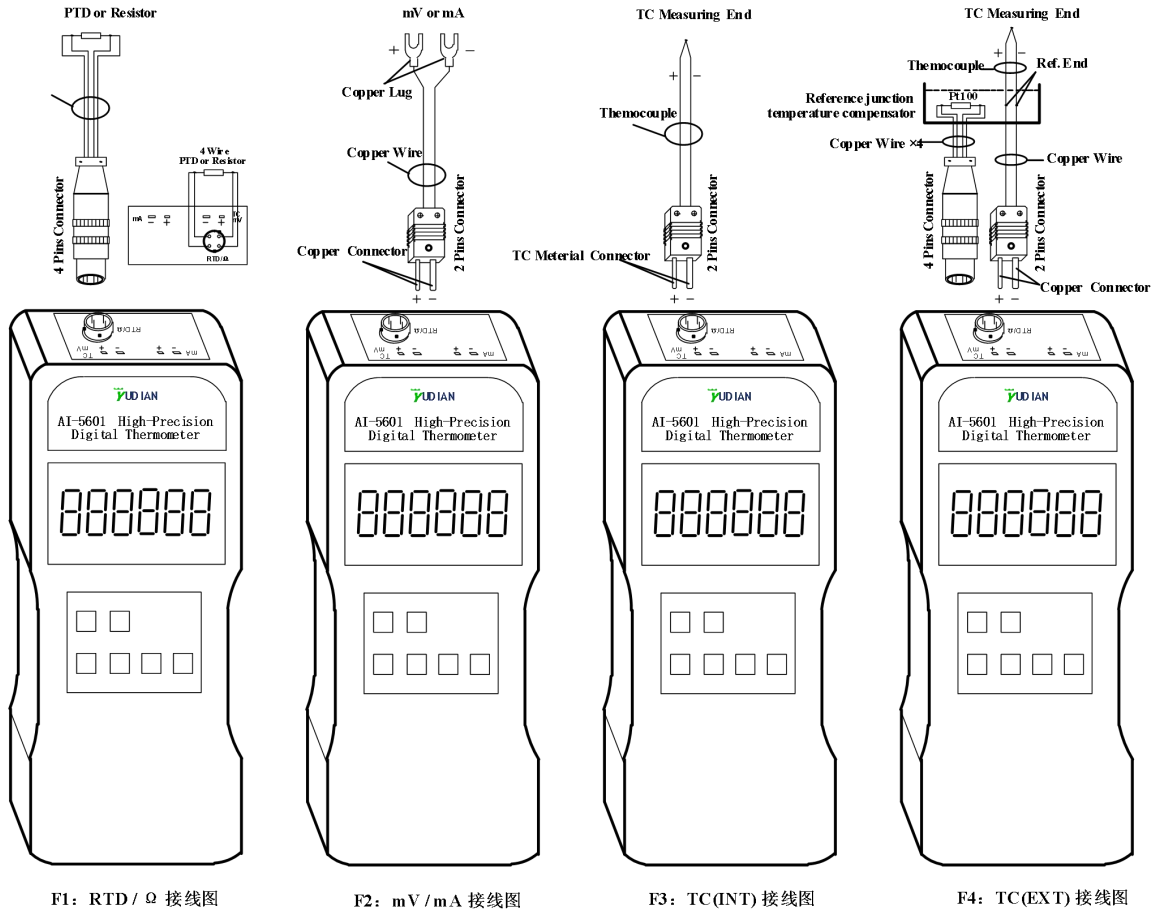
(5) 电源和功耗: 1.5V、AA 电池 3 节。工作电流在背光关闭下≤2.0mA、背光开启下≤30mA。

(6) 使用环境条件: 温度 (0~50)℃, 相对湿度≤85%。

保证准确度环境条件: 温度 (23±5)℃, 相对湿度 (30~85)%, 无明显电磁干扰。

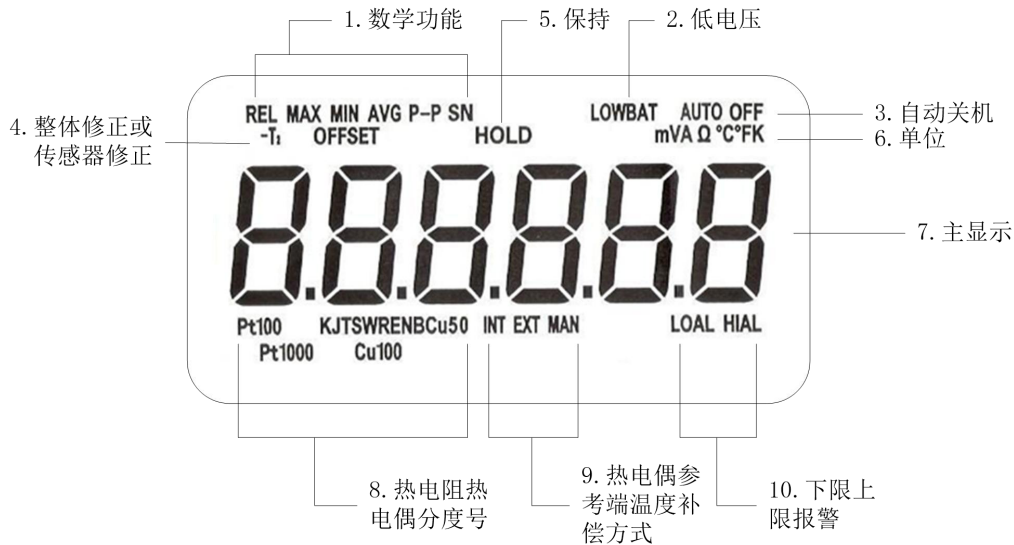
(7) 外形尺寸和质量: 160×70×30mm<sup>3</sup>、约 0.25kg (包括电池)。

### 3. 输入接线和注意事项



- (1) 热电阻和电阻档的接线：采用 4 线制形式，见上图的 F1：将表头水平放置，正对着航空插座或插头，将左侧的 2 芯接到电阻的一端、右侧的 2 芯接到接到电阻的另一端。
- (2) 直流 mV 信号的接线：导线、插头和连接片均为纯铜材料，见上图的 F2。为减少热电势影响，应清除接插件的表面氧化物。  
**对热电偶或 mV 信号，每当插头插入仪表时，应等待至少 5min，热平衡后才开始测量，以减少寄生热电势的影响！**
- (3) 热电偶采用内部参考端补偿方式(INT)的接线：应保证从热电偶测量端到插头的整条线路具有相同的热电特性，即若用补偿导线，必须选用和 tyPE[ $\pm$  U P E]分度号相同型号（最好是延长型）的补偿导线和插头。见上图的 F3。
- (4) 热电偶采用人工参考端补偿方式(MAN)或外部参考端补偿方式 (EXT) 的接线：从热电偶到恒温器采用补偿导线（最好是延长型）连接，而从连接恒温器到仪表的导线及插头应是纯铜质材料。其中，对 MAN 补偿方式，需要手工将恒温器温度输入到菜单中的 mAn.Tmp [ $\bar{n}$   $\bar{n}$   $\bar{n}$   $\bar{n}$  P]参数中；对 EXT 补偿方式，需要一支已经校正过的 4 线制 Pt100 铂电阻插到恒温器，并用 4 线制插头连接到仪表的 RTD 插口，实现自动补偿，见上图的 F4。
- (5) 各插口之间的外部测量线应保持相互绝缘，否则将对测量结果造成影响。
- (6) 输入超过 5V 或 50mA 的信号，可能损坏仪表。

## 4. 显示屏说明

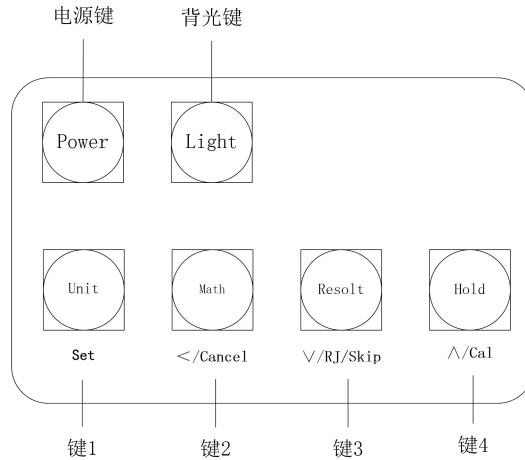


- (1) REL/MAX/MIN/AVG/P-P/SN: 数学功能, 分别代表: 相对值、最大值、最小值、平均值、峰-峰值、标准差和采样数。其中标准差和采样数都用“SN”作为标识;
- (2) LOWBAT: 当电池电压低时显示此标识;
- (3) AUTOOFF: 当设置自动关机时显示此标识;
- (4) -T<sub>2</sub>/OFFSET: 带有整机修正时的示值用“-T<sub>2</sub>”标识, 而当菜单中传感器平移修正值 OFFSET≠0 时, 显示“OFFSET”标识;
- (5) HOLD: 显示保持;
- (6) mVAΩ°C°FK: 测量单位;
- (7) 六位 LCD 显示: 显示测量值或提示信息;
- (8) Pt100/Pt1000/Cu50/Cu100/K/J/T/S/R/E/N/B: 热电阻和热电偶分度号。而Ω档、mV 档、mA 档没有所谓的“分度号”, 仅以显示单位Ω、mV、mA 进行标识;
- (9) INT/EXT/MAN: 热电偶参考端的补偿方式;
- (10) LOAL/HIAL: 分别表示发生了下限报警/上限报警。

## 5. 按键操作

按键分**短按键**、**长按键**和**组合按键**三种。实现 Set、Cancel、RJ、Cal 功能为长按键或组合按键（应连续按键 2 秒），其余为短按键。

下图是基本按键功能定义。带传感器整机误差校正的按键功能定义和操作见第 9 节，而电子分度表的按键功能定义和操作见第 10 节，本节不包括此 2 项内容。



**(1) 电源键：**电源开关。当菜单参数  $\text{AutoFF}[\text{Power}] \neq 0$  时，可实现自动关机功能，即当无按键时间  $\geq \text{AutoFF}[\text{Power}]$  设定的时间（单位：分钟）后自动关机；当  $\text{AutoFF}[\text{Power}] = 0$  时，取消自动关机。

**(2) 背光键：**背光开关。菜单参数  $\text{Auto.b.L}[\text{Light}]$  的绝对值为背光自动关闭时间（秒）， $\text{Auto.b.L}[\text{Light}] = 0$  时取消背光自动关闭功能。而  $\text{Auto.b.L}[\text{Light}]$  的正负号代表是否允许按键发声和超越上下限报警发声：当  $\text{Auto.b.L}[\text{Light}]$  为正数或 0 时，允许有声音，当  $\text{Auto.b.L}[\text{Light}]$  为负数时，不允许发声。

**(3) 键 1：**测量状态下，短按“键 1”为显示单位切换；长按“键 1”2 秒为“Set”功能，进入菜单设置，详见“6.菜单设置”。

**(4) 键 2：**

1) 在测量状态下，短按键 2，为数学测量功能选择：可以在“基本测量值-REL-MAX-MIN-AVG-PP-s-n”八种状态下切换。其中

a) 当没有出现“REL-MAX-MIN-AVG-PP-SN”任何标识时的显示值为当前测量值。

b) REL 为相对测量值。类似“手动调零”，将当前测量值减去“基准值”，即  $\text{REL 显示值} = (\text{当前测量值 } x_i - \text{基准值})$ 。“基准值”等于开机开始时的测量值、或改变分度号开始时的测量值、或按“Cancel”之时的测量值。

利用 REL 可以对微小温差进行测量。

c) MAX 为最大测量值。等于从开机以来（或按 Cancel 后）的测量最大值。

d) MIN 为最小测量值。等于从开机以来（或按 Cancel 后）的测量最小值。

e) AVG 为平均测量值。等于从开机以来（或按 Cancel 后）的测量平均值：

$$\text{AVG} = \bar{x} = \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) / n$$

当采样数  $n$  超过 1 百万次时，平均值停止计算，AVG 值保持不变。

f) P-P 为测量过程的峰-峰值。等于从开机以来（或按 Cancel 后）的测量结果的峰-峰值，即  $P-P = (MAX - MIN)$ 。

g) SN 为测量标准差和采样数，下面分别用  $s$  和  $n$  表示标准差和采样数。

SN 标识下第 1 次的显示值为标准差，等于从开机以来（或按 Cancel 后）的测量值标准差：

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)} \quad , \quad \text{其中 } \bar{x} = AVG$$

当采样数  $n$  超过 1 百万次时，标准差停止计算， $s$  值保持不变。

h) SN 标识下第 2 次的显示值为采样数，等于从开机以来（或按 Cancel 后）的采样数： $n \leq 999999$ 。当  $n \geq 1000000$  时， $n$  显示为“OVER[-] H E r -]”，提示此时的平均值、标准偏差是截至到 1000000（一百万）次采样数的结果。

注：当采样数超过 1000000 次后，平均值、标准差、采样数被挂起保持不变，而 REL/MAX/MIN/P-P 的测量仍然继续进行，不受采样数限制。

2) 在测量状态下，长按“键 2”2 秒，直到显示“———”时，为清除 (Cancel) 功能。其作用是：取当前测量值作为新的相对值的“基准值”、清除所有数学测量结果，重新开始所有数学测量。

3) 在菜单状态下，短按“键 2”，为移位键；长按（2 秒）为菜单倒退功能。

4) 在菜单状态下，同时短按“键 2+键 1”也可实现菜单倒退功能。

5) 在校准状态下，按“键 2”取消 (ESCAPE) 校准功能，再按“键 4”可退出校准状态。

6) 在测量状态下，长按“键 2 + 键 4”（2 秒），为热电偶参考端内部温度补偿误差校准。

#### (5) 键 3:

1) 测量状态下，短按“键 3”改变显示分辨率。

2) 测量状态下，长按“键 3”（2 秒）选择热电偶参考端补偿方式。

a) INT 为内部补偿方式：其接线见上面的 3.(3)；

b) EXT 为外部补偿：其接线见上面的 3.(4)；

c) MAN 人工参考端温度补偿：其接线见上面的 3.(4)。

3) 校准状态下，按“键 3”可跳过(Skip)当前校准点（其相关的其他校准点也同时被跳过），而进入下一个校准点。

4) 在菜单参数设置状态下，“键 3”为减少键。

#### (6) 键 4:

1) 测量状态下，短按“键 4”为保持 (HOLD) 功能，当前测量值和各种数学测量结果将保持不变，直到再次短按“键 4”解除保持状态。从菜单退出时，HOLD 被取消。

2) 测量状态下：

a) 当菜单参数 CAL.Cod[ [ RL.[ □ ] ] = 808 时，长按“键 4”可进行用户校准、而长按“键 2 + 键 4”，可进行热电偶内部 (INT) 参考端补偿误差校准；

b) 当菜单参数 CAL.Cod[ [ RL.[ □ ] ] = 5601 时，长按“键 4”可恢复出厂校准数据和设置；

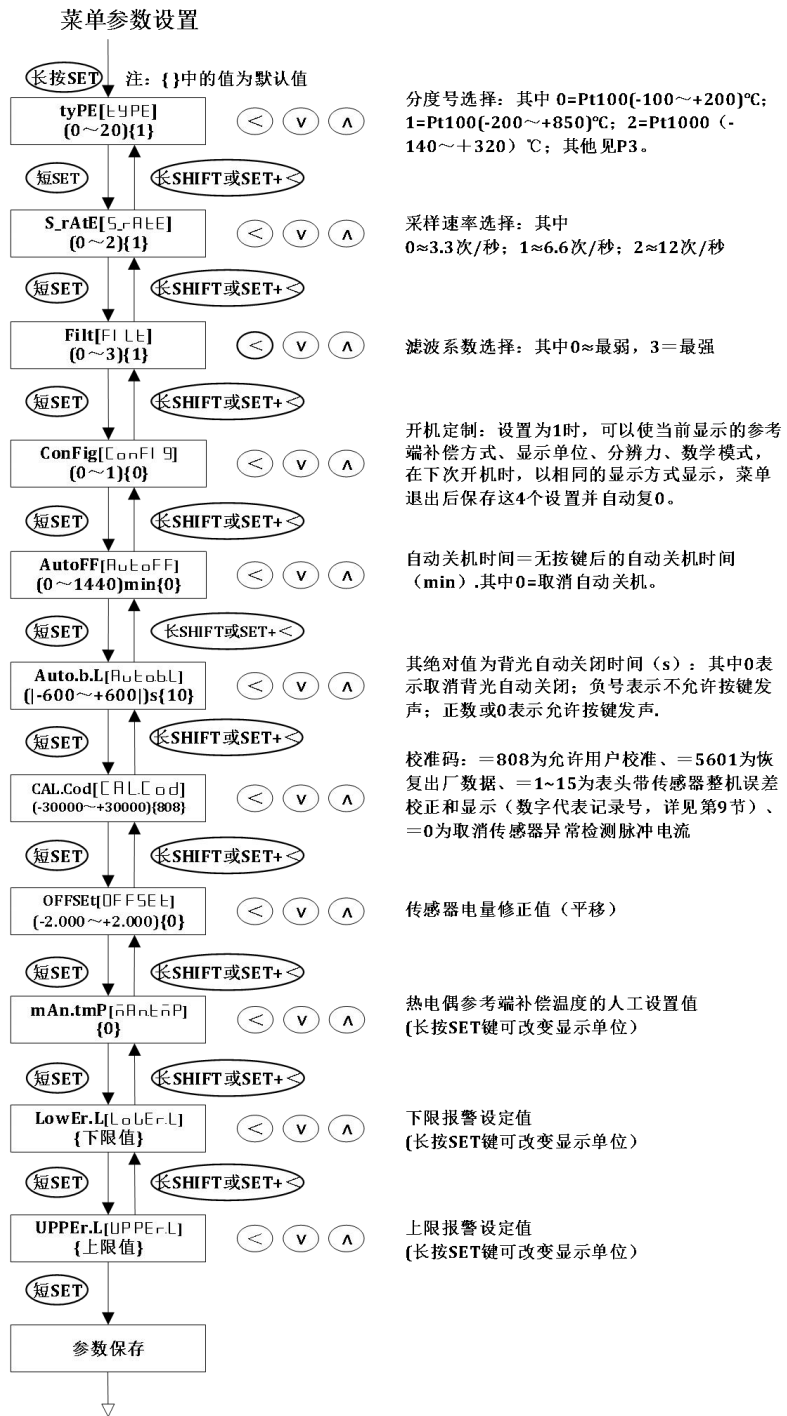
- 3) 在菜单参数设置状态下，“键 4”为增加键。
- 4) 开机之时，同时按住“键 4”可进行 LCD 笔段显示检查和自动关机检查。

## 6. 菜单设置

长按“键 1”（即 SET 键）2 秒后进入菜单，每短按 1 次 Set 键先显示参数名，再按 Set 键跟着显示该参数值，用  $\leftarrow$   $\rightarrow$   $\uparrow$   $\downarrow$  键进行修改。对 mAn.tMPl[nAnLnP]、LowEr.L[LoLErL]、UPPEr.L[UPPErL]参数，可以长按“键 1”实现“C/F/K 单位切换。

设置的菜单参数在菜单退出时被保存，如果电池电压低“LOWBAT”，或 30 秒没有按键而自动退出菜单，则设置的参数不予保存。

菜单设置操作见右图。



## 7. 菜单参数说明

- (1) **输入信号类型 tyPE**[tYPE]: 通过数字选择输入类型: 热电阻和热电偶均有相应的标识提示, 电阻档/毫伏档/毫安档用其显示单位 $\Omega$ /mV/mA 提示。其中 tyPE = 0 和 tyPE = 1 都是 Pt100, 其主要差别是, 前者测量范围较小, 但稳定性比后者好;
- (2) **采样速率 S\_rAtE**[S\_rAtE]: S\_rAtE = 0 时, 采样速率较小, 准确度和稳定度较高; S\_rAtE = 2 时采样速率较大, 但准确度和稳定度较低, 通常可取 S\_rAtE = 1;
- (3) **滤波常数 FiLt**[FiLt]: FiLt 越大, 滤波作用越强, 但响应较慢。对于要求显示比较稳定的场合, FiLt 可取 2 或 3, 通常可取 1;
- (4) **开机定制 ConFig**[ConFi g]: 若要使以后每次开机时, 保持当前的数学测量模式、显示单位、分辨力和参考端补偿方式, 则将菜单参数 ConFig 设置为 1, 当菜单退出后, ConFig 自动复零, 当前的测量显示模式被保存下来, 以后开机时就以此模式显示;
- (5) **自动关机时间 AutoFF**[AutoFF]: 其数值代表没有按键后的自动关机时间 (分), 当 AutoFF = 0 时, 取消自动关机功能;
- (6) **自动背光关闭时间 Auto.b.L**[Auto.b.L]: 其绝对值为背光自动关机时间 (秒), Auto.b.L = 0 时, 取消背光自动关闭功能, 负号仅表示不允许按键发声和报警发声;
- (7) **仪表校准码 CAL.Cod**[CAL.Cod]: CAL.Cod = 808 时, 允许用户校准; CAL.Cod = 5601 时, 为恢复出厂校准数据和设置; CAL.Cod = 1~15 时, 允许表头带传感器整机校正或显示整机校正结果, 每个数字对应当前分度号的一个校正记录;
- (8) **传感器修正值 (平移) OFFSET**[OFFSEt]: 对测量值以电量值形式平移修正,  $x_i = x_i + \text{OFFSET}$ 。只能以电量值设置, 并对所有分度号同时有效, 参见第 9 节;
- (9) **参考端温度人工设定值 mAn.tmp**[mAn.tmp]: 采用 MAN 补偿方式时, 应设置菜单参数 mAn.tmp 为恒温器的实际温度值。

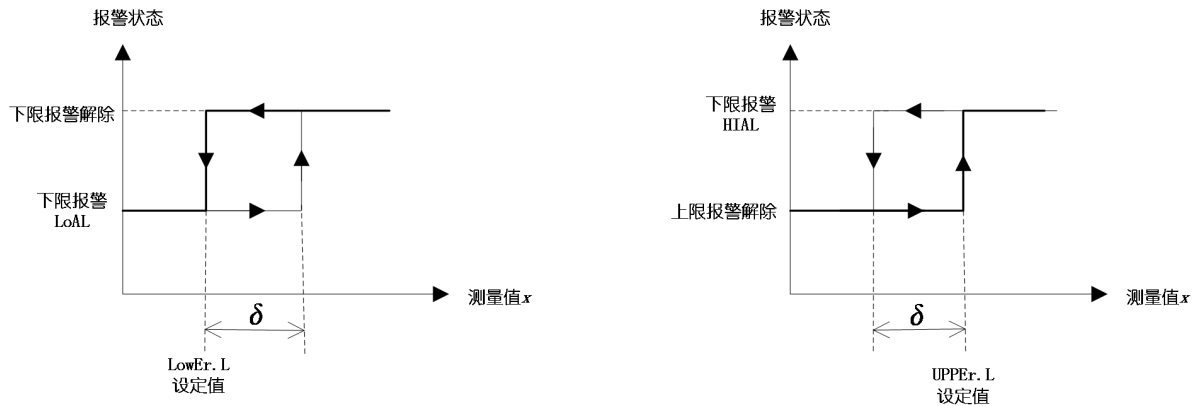
在不带传感器, 仅对表头的热电偶示值误差测量时, 有时用 INT 补偿不方便, 则可以用 MAN 补偿方式, 直接用铜导线连接仪表和标准 mV 信号源, 对基本示值误差进行测量, 之后再对内部/外部 (INT/EXT) 参考端补偿误差进行测量, 则总误差为两者误差之合成。

### (10) 上下限报警 LowEr.L[L oWEr.L]、UPPEr.L[UPPEr.L]:

1) 下限报警值 LowEr.L: 一旦测量值  $x$  小于下限设定值 LowEr.L 时, 则立即产生 LOAL 报警, 而 LOAL 报警出现后, 只有当测量值上升到  $\geq (\text{LowEr.L} + \text{报警回差} \delta)$  后, 下限报警 LOAL 才被解除。报警声音 60 秒后自动停止, 按任意键可解除报警声音;

2) 上限报警值 UPPEr.L: 一旦测量值  $x$  大于上限设定值 UPPEr.L 时, 则立即产生 HIAL 报警, 而 HIAL 报警出现后, 只有当测量值下降到  $\leq (\text{UPPEr.L} - \text{报警回差} \delta)$  后, 上限报警 HIAL 才被解除。报警声音 60 秒后自动停止, 按任意键可解除报警声音;

3) 报警回差  $\delta$  对各个 tyPE 为固定值, 用户无法改变。  $\delta \approx (0.2 \sim 0.8) \Delta$  (电量)。报警回差  $\delta$  可以避免在报警点附近产生振荡报警。



## 8. 校准

本说明书中的“校准”是指对温度计表头本身（不包括传感器）误差的调校，不同于下面的“计量校准”。当维修后或计量校准或检定发现表头超出允许误差时，允许用户校准，如果校准出错还可恢复到出厂校准状态。用户校准包括仪表系数校准和内部/外部参考端温度补偿误差的校准。校准前应更换新电池、接好信号线，同时将仪表放置在温湿度稳定的环境中，开机稳定 30min，并保证没有明显的外部干扰因素存在，以保证校准结果准确。

(1) **标准器选择：**Ω 标准信号应采用 4 线制实物电阻，不能用模拟电阻；mV 标准信号源的内阻应小于 500Ω。标准器（装置）的扩展不确定度或允许误差应不大于仪表允许误差  $1$  的三分之一，并且在校准过程中应保证有足够的稳定度。标准器要求见下表：

信号源	$U, k=3$	信号源	$U, k=3$	稳定度
28Ω	5mΩ	0mV	1.3 μV	0.5 μV
58Ω	5mΩ	18mV	1.6 μV	0.5 μV
158Ω	6.5mΩ	58mV	3.4 μV	1.5 μV
358Ω	22mΩ	158mV	7.0 μV	3 μV
648Ω	40mΩ	0mA	输入开路	---
2048Ω	140mΩ	18mA	2.0 μA	1.0 μA

注：温度计定时在输入端施加约 1 μA 的小脉冲电流，以检测输入是否异常。当在输入端并联标准数字 mV 表时，若发现标准数字 mV 表的示值有跳动现象（约几秒钟 1 次）影响读数，可能是此脉冲电流引起，可用下面方法取消此脉冲电流（同时也停止对输入异常的检测）：

- 开机开始之时，按“键 2”，直到显示软件版本日期，只要不重新开机，就不再输出此脉冲电流；
- 设置菜单参数 CAL. COD[**CFLCod**]=0。此法长期有效，除非再把 CAL. COD 设置为非 0 值。

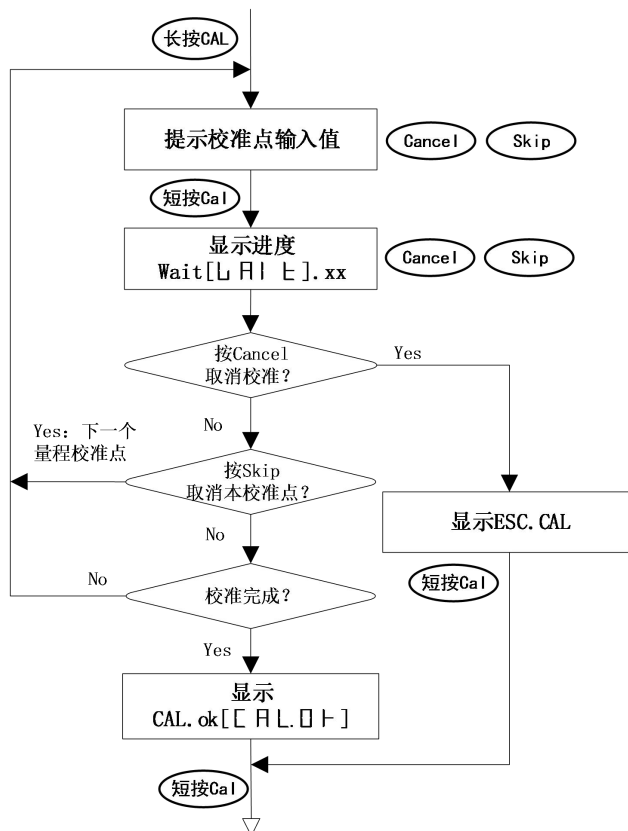
(2) **校准次序：**应按“Ω→mV→mA”次序进行校准，参考端补偿误差校准于最后进行。如果某个校准点被跳过 (Skip)，则其相关的校准点将无效或被跳过。

1)  $\Omega$  校准点次序: 28 $\Omega$ 、58 $\Omega$ 、158 $\Omega$ 、358 $\Omega$ 、648 $\Omega$ 、2048 $\Omega$ 。输入为 RTD/ $\Omega$  四线制插口;

2) mV 校准点次序: 0mV、18mV、58mV、158mV。输入为 TC/mV 插口;

3) mA 校准点次序: 0mA、18mA, 输入为 mA 插口, 其中输入开路即为 0mA。

(3) 仪表系数校准: 设置 CAL. Cod[**CALCod**] = 808, 长按“键 4”进入。根据提示, 逐点输入各标准信号值, 其中, “xxxxr”表示输入值为 xxx $\Omega$ , “xxxxn”表示输入值为 xxxmV, “xxnA”表示输入值为 xxmA。校准操作图见下面:



(4) 内部/外部参考端误差校准: 设置 CAL. Cod[**CALCod**] = 808, 长按“键 2 + 键 4”进入。将仪表放置在温度稳定的环境中, 设置 tyPE[**TYPE**]为热电势较大的热电偶 (最好是 K 偶或 E 偶, 不能为 B 偶、S 偶、R 偶), 设置 OFFSET[**OFFSET**]值 = 0, INT/EXT 补偿方式。对 INT 补偿, 用和 tyPE 相同分度号的 I 级热电偶线连接到 TC/mV 输入端, 热电偶线的测量端插入到恒温器 (或冰点槽) 中; 对 EXT 补偿, 则将补偿用的 Pt100 铂电阻插入到恒温器 (或冰点槽) 中, 热电偶输入端用铜导线短接。温度平衡稳定 15min, 当仪表显示值变化小于 0.03 $^{\circ}\text{C}$ /5min 时, 同时长按“键 2 + 键 4”两秒, 显示“rEF? [rEF?]”, 根据显示的单位 ( $^{\circ}\text{C}$ 、 $^{\circ}\text{F}$ 、K、mV), 输入准确的恒温器温度值 (若 INT 补偿, 要加上所使用的热电偶修正值), 最后长按“键 4”确认并完成校准、或长按“键 2”或“键 3”退出 (关机也可以) 以放弃此校准。对于将来使用 EXT 补偿方式时, 应确保使用本次校准用的这支铂电阻, 而不是别支铂电阻, 避免张冠李戴导致不可预见的误差。

(5) 恢复出厂校准状态和设置: 设置 CAL. Cod[**CALCod**] = 5601, 长按“CAL”键进入, 提示“rEStor[rEStor]”时, 按“键 4”确认恢复出厂校准状态和设置, 或按“键 2”或“键 3”取消恢复, 最后再短按“键 4”退出。

## 9. 表头带传感器整机误差的校正

本说明书中的“校正”是指通过和标准值比较后，将修正值保存到仪表内部，由仪表对修正值按一定方法加到测量值上，自动消除或减小整机的固有误差分量，进一步挖掘和提高仪表准确度的一种方法。示值修正可以有直线、二次曲线、拟合曲线等方法，本仪表采用任意间距分段线性内插修正方法。

(1) **校正原理**：首先认为，仪表的示值误差在整个量程内是一条连续平滑的曲线，在不大的温度区间内，示值误差可用一条折线表示，也即只要知道某温度区间两个端点的误差值，则该区间内任意温度点的误差值可以通过线性内插计算得到，这种线性内插计算的误差与实际误差会有差别，最大差别一般出现在该区间的中点，但只要区间不是很大，这种差别是可以忽略的；其次，虽然仪表的示值误差  $E$  是客观存在的，但从时间的角度来看，误差  $E$  总可以看成是由相对固定不变的分量  $\epsilon$  和变化的分量  $e(t)$  组成，当  $e(t)$  分量较小时，就可以取误差  $E$  的相反值作为仪表的修正值  $c$  ( $=-E$ )。AI-5601 示值本身具有很高的稳定性，整机的误差主要来源于传感器，只要所匹配的传感器稳定性也很高，则整机误差的  $e(t)$  分量就会比较小，通过修正，去掉较大的  $\epsilon$  固定分量，就可以使总误差  $E$  大大减小，即  $E \approx e(t)$ 。也即通过校正，在标准器误差可忽略、及在相同的环境条件和测量方法下，仪表整机误差就主要由仪表的稳定性所决定，或者说仪器的不稳定性是仪器允许误差的极限。

因此，要获得理想的校正结果，需要二个条件：一是表头和传感器的稳定性要好；二是校正点所分隔的各区间的误差可通过一定的方式计算，如可以近似为线性，这就要求相邻的校正点间距不宜过大，但间距太小也没必要，当新的校正点落在已有校正点或附近时，会有信息提示是否进行覆盖处理。

实际证明，采用校正对提高整机的准确度通常是十分明显有效的。但必须说明，因用户所用的传感器、校正程序、校正间隔等因素的影响，采用校正后的仪表整机准确度应由用户自己确认！

(2) **校正记录和校正点**：仪表为每个分度号各自配置 15 个（空）校正记录，对应菜单参数 CAL.COD[ [ F L [ 0 d ] ] ] 值的 (1~15)，当前 CAL.COD 值所指向的记录称为“当前记录”，其他记录则称为“非当前记录”。进入新记录之前，首先会要求用户输入一个数字 (0~999999) 作为标识，即记录 ID，用于表示传感器号或校正日期 (如 YYMMDD)。每个记录允许存储达 30 个校正点数据对 (校正点值及其修正值)，校正点可以在量程上任意点选取，不必考虑校正点大小次序，仪表会根据校正点的值，从小到大自动对输入的数据成对排序保存。对于较宽的测量范围，一般需要 (7~12) 个校正点，测量范围较小时可以适当减少校正点，对于仅在单个测量点或其附近小范围使用的场合，才可以采用单点校正 (其修正效果和 OFFSET 平移修正有区别)。

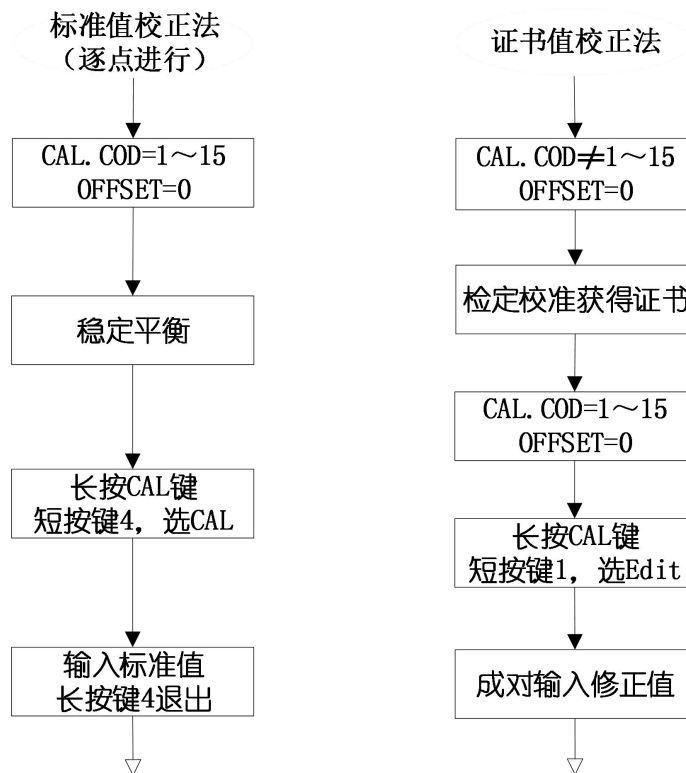
(3) **校正方法**：有二种：

一种是在计量校准、检定、或实际使用过程中，通过和准确度更高的标准器比较，直接输入标准 (实际) 值的校正方法，简称**标准值校正法**。校正之前必须先设置菜单参数，选取 CAL.COD= (1~15) 的一个值作为当前记录，设置 OFFSET 为 0。这种方法适合于有标准器的场合，对计量校准后，可得到“零”误差结果的计量校准证书。

另一种是利用计量校准部门提供的证书，将证书上的计量校准点和修正值成对地输入到仪表的校正方法，简称**证书值校正法** (其实就是数据录入)。这种方法要注意避免重复修正：即在计量校准开始之前，必须先将菜单参数 CAL.COD 设置为除 (1~15) 之外的其他值 (此时校正标识“-T2”不显示)，并设置 OFFSET=0，然后送测，指定所需要的校正点，计量校准部门在这些校正点上作整机误差计量校准，用户从其出具的证书可以得到或计算出修正值，将 CAL.COD 设置为 (1~15)

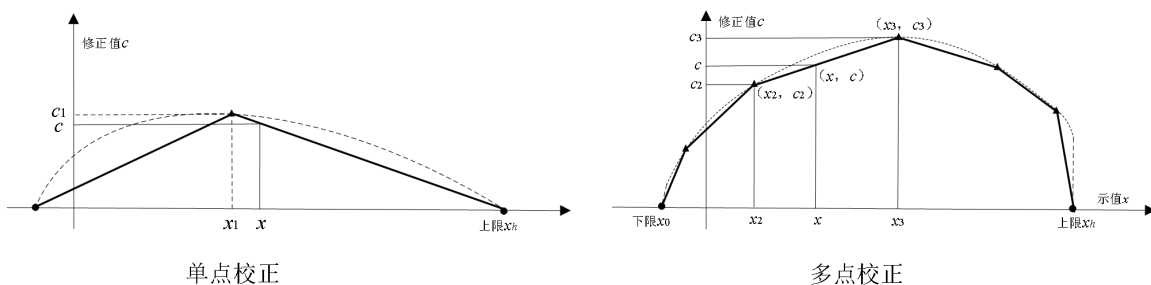
之内的一个新值（即新的记录），输入记录 ID，就可以进行证书值校正（即录入）操作，录入是“校正点值-修正值”成对输入的，录入的数据可以查看、修改。

两种校正方法的如下图，更详细的操作流程见 P18。



**(4) 整机示值的自动修正：**校正后，仪表的显示值会根据当前 CAL.COD 值（1~15）所指向的当前记录自动进行修正，通过改变 CAL.COD 值可以将非当前记录改为当前记录。如果 CAL.COD 设置为（1~15）之外的其他值，则仪表的显示值除了能进行 OFFSET 平移修正外，就不能进行整机误差修正。对于带有整机修正的示值，仪表左上角显示“-T2”加以标识，以区别没有整机修正的示值。

修正值是采用电量值线性内插计算的，参见下图和公式，其中对量程上限和下限的两个端点，定义其修正值为 0。需要说明的是：对于温度传感器，由于存在电量-温度的非线性关系，使得温度单位的修正结果不会完全等于电量单位的修正结果，但这种差别应该是允许的。



上图中的  $x$  点修正公式:

$$c = c_1 + \frac{(x - x_1)}{(x_h - x_1)} \times (0 - c_1)$$

修正后, 仪表的显示值  $x$  为:

$$x = x^* + c + \text{OFFSET}$$

上图中的  $x$  点修正公式:

$$c = c_2 + \frac{(x - x_2)}{(x_3 - x_2)} \times (c_3 - c_2)$$

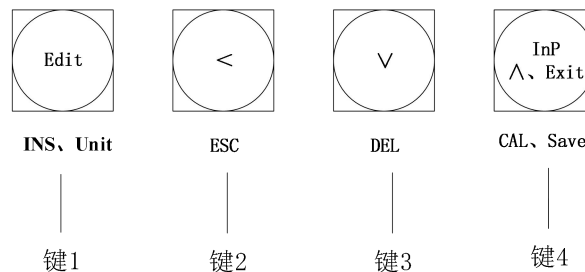
式中,  $x^*$ ——没有任何修正时的“纯原始示值”,

OFFSET——平移修正值, 对整机校正, 此参数可不用 (即设置 OFFSET = 0),

$c$ ——根据当前校正记录所计算的修正值, 当记录为空或 CAL.COD 为 (1~15) 之外的其他值时,  $c=0$ 。

(5) **校正模式下的按键操作:** 在 CAL.COD = (1~15) 下, 通过长按“CAL 键”进入校正模式。此时显示“Ed? In? [ E d P I n P ]”即“编辑(录入)? 输入标准值?”: 按最右边的“键 4”进入标准值校正法操作; 按左边的“键 1”进入证书值校正法操作。证书值校正法通过编辑方式进行, 编辑操作对当前记录可以有查看、修改、覆盖、删除、插入等操作; 对非当前记录只能查看操作。

在校正模式下, 各按键的功能重新定义如下:



实现方框之内的操作为短按键, 实现方框之外的操作为长按键 (须连续按2秒)。详细的操作见后面的“校正操作流程”图”。其中

1) 键 4: 在 CAL.COD = (1~15) 下, 长按键 4 进入“CAL 校正模式”; 在提示信息“Ed? In?”下, 实现“输入标准值 InP”操作、其他提示信息下, 短按实现“EXIT 退出”操作; 在数字显示下, 短按实现“^数据增加”操作; 其他情况下, 长按实现“SAVE 保存”操作、

2) 键 3: 短按实现“v数据减小”操作; 长按实现“DEL 删除或退出”操作;

3) 键 2: 短按实现“< 数据移位”操作; 长按实现“ESC 退出校正”操作;

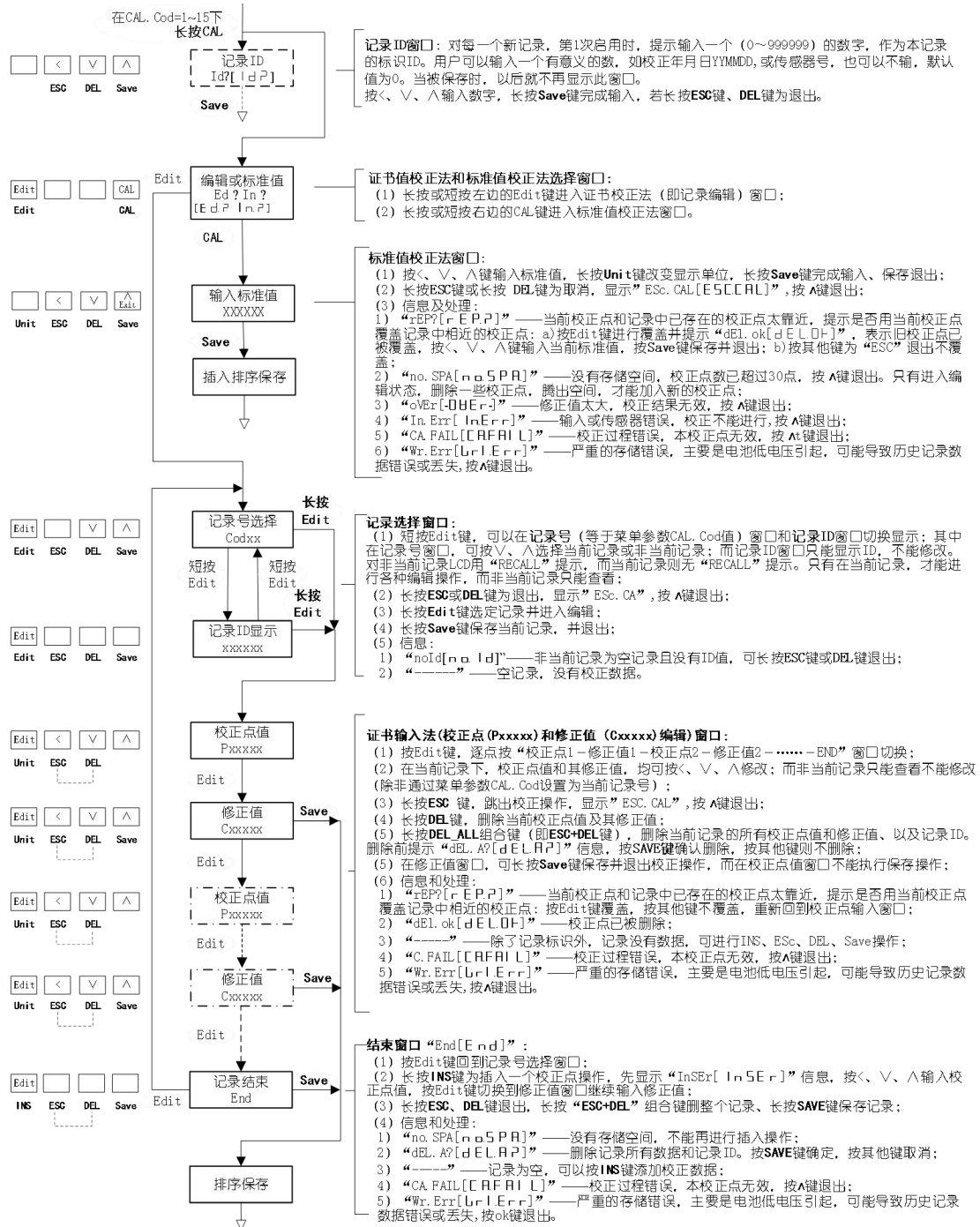
4) 键 1: 在提示信息“Ed? In?”下, 实现“Edit 编辑”操作; 在校正点或修正值下, 短按实现切换到下一个校正点或修正值的操作 (Pxxx 为校正点值, 后面的 Cxxxx 为该校正点的修正值)、长按实现“Unit”改变显示单位操作; 在提示信息“End”或记录为空“----”下, 长按实现“Ins 插入”操作, 证书校正法就是在这种插入情况下, 逐一添加输入数据的;

5) “键 2+键 3”: 在编辑状态下, 长按此组合键实现“DEL ALL”删除当前记录所有数据和记录标识的操作。

6)

(6) 校正的其他说明：

- 1) 用户必须确保：传感器号、表头号、菜单参数 CAL.COD 值，三者严格保持整体一致，否则将造成严重的误差！
- 2) 和校准一样，校正前必须更换新电池。低电池电压可能导致误差和存储错误。
- 3) 仪表会自动对相近的校正点提示覆盖处理，也会对修正值的绝对值大小进行限制（包括限制修正后的值不会超过量程的上下限），如果输入值使得计算后的修正值太大，则不予输入（显示“OVER”），因为对较大的误差强行进行校正是没有意义的，并且可能存在较大的非线性，无法通过校正提高准确度，这时应该更换传感器，并重新进行校正。
- 4) 校正点应该在有效量程内，由于温度传感器的非线性特性，可能使得校正后用温度单位显示的校正数据和所输入的值有些偏离，特别是在热电偶的低温度段，但用电量单位显示就没有这种偏离。
- 5) 只要进入校正模式，则退出时均对数字测量结果初始化，重新开始新测量。



校正操作流程圖

## 10. 电子分度表的使用方法

本仪表的电子分度表具有 12 种常用分度号快速的“电量值-温度值”或“温度值-电量值”的互查功能,包括:Pt100/Pt1000/Cu50/Cu100/K/S/E/T/J/R/B/N,使用十分简便,查询结果准确:在温度 $\geq -200^{\circ}\text{C}$  (B 偶 $\geq +200^{\circ}\text{C}$ )时,一次查询误差 $\leq \pm 0.001\Omega$ (Pt1000 为 $\pm 0.01\Omega$ )或相当的温度值。要进行电子分度表查询,可以在测量状态下,通过:

方式一:同时短按“键 1+键 2”,进入“ $\Omega$ (mV)- $^{\circ}\text{C}$ ”相互查询功能;

方式二:同时长按“键 1+键 2”,进入“ $\Omega$ (mV)- $^{\circ}\text{C}$ - $^{\circ}\text{F}$ -K”循环查询功能。

在查询状态下,各按键的定义为:

- (1) 短按“键 1+键 3”、短按“键 1+键 4”:分度号选择键。分别实现向前、向后改变分度号;
- (2) 键 2、键 3、键 4:数据输入键。均为短按键,用于输入欲查询的数据。分别实现移位、减少、增加功能。当前修改位用闪动显示表示;
- (3) 短按“键 1”:查询键。查询或换算当前显示值对应的结果:对方式一为“ $\Omega$ (mV)- $^{\circ}\text{C}$ ”互查结果,对方式二为“ $\Omega$ (mV)- $^{\circ}\text{C}$ - $^{\circ}\text{F}$ -K”循环查询或换算结果。当前查询结果可以被修改或直接作为下一次查询/换算过程的输入值;
- (4) 短按“键 1+键 2”:退出键。退出查询状态。如果查询过程超过 30 秒没有按键,则会自动退出查询状态而回到原来的测量状态。

## 11. 提示信息说明

- (1) C 28.r[ [ 2 B.r ]、C 58.r[ [ 5 B.r ]、C 158.r[ [ 15 B.r ]、C 358.r[ [ 35 B.r ]、C 648.r[ [ 64 B.r ]、C 2048.r[ [ 204 B.r ]:提示接入的标准实物电阻值,分别等于:28.000 $\Omega$ 、58.000 $\Omega$ 、158.000 $\Omega$ 、358.000 $\Omega$ 、648.00 $\Omega$ 、2048.00 $\Omega$ 。
- (2) C 0.m[ [ 0 .n ]、C 18.m[ [ 18 .n ]、C 58.m[ [ 58 .n ]、C 158.m[ [ 158 .n ]:提示接入标准 mV 值,分别等于 0.000mV、18.000mV、28.000mV、158.000mV。
- (3) C 0mA[ [ 0 .n A ]、C 18mA[ [ 18 .n A ]:提示接入标准 mA 值,分别等于:0.000mA (开路)、18.000mA。
- (4) CA.FAIL[ [ R.F.R.I L ]:校准失败,短按“键 4”退出。
- (5) CAL.ok[ [ R.L.O.K ]:校准成功,校准系数已被保存,短按“键 4”退出。
- (6) Cod.Err[ [ o.d.E.r.r ]:校准码错误,应正确设置校准码才能校准。
- (7) ESC.CAL[ [ E.S.C.C.R.L ]:取消校准或取消恢复出厂校准系数和设置,短按“键 4”退出。
- (8) In.Err[ [ I.n.E.r.r ]:输入异常(传感器开路、断线等)。
- (9) In.High[ [ I.n.H.I.g.h ]:输入信号(包括参考端信号)高于测量范围。
- (10) In.LoW[ [ I.n.L.o.w ]:输入信号(包括参考端信号)低于测量范围。
- (11) OVer[ [ O.V.E.r ]:参考端校准时,校正时修正值超过允许范围;或内部参考端补偿元件故障;或测量状态时,采样数超过一百万次的标识。

- (12) **PrA.Err[PrFErr]**: 校准参数设置错误。在内部参考端温度校准时, 如果分度号没有设置为热电偶和 INT 补偿方式, 将出现此信息, 请重新设置好参数再校准; 如果是在开机时显示此信息, 则表明菜单参数错误, 请重新进入菜单设置好参数。
- (13) **rEF?[rEF?]**: 热电偶内部参考端温度误差校准时, 要求输入实际的恒温槽温度值 (应加上所使用的热电偶修正值, °C 或 mV 值)。
- (14) **rEst.ok[rEst.ok]**: 已正确恢复至出厂校准状态和设置,
- (15) **rEstor[rEstor]**: 恢复出厂校准系数和设置, 按“键 4”确定, 如果不想恢复出厂校准系数和设置, 可按“键 2”、“键 3”取消。
- (16) **Un.StAb[UnStAb]**: 校准时输入信号不稳定。检查输入信号是否稳定, 短按“键 4”重新进行。
- (17) **WAlt.xx[WrAlt..]**: 其中的 xx 表示校准进度的百分数。
- (18) **Wrl.Err[WrLErr]**: 参数保存错误。可能是电池电压低引起, 更换新电池试试。
- (19) “-----”: 对测量过程, 尚没有测量数据; 对校正操作, 提示是空记录, 此时可以用编辑方式输入校正数据、或按 ESC/SAVE 退出;

下面是校正模式下的提示信息:

- (20) **dEL.A?[dEL.A?]**: 删除所有数据包括记录 ID 提示。
- (21) **End[E n d]**: 提示到达记录末尾。可以长按 SET 插入新校正点值、或再按键 1 继续从头查询; 或按 ESC/SAVE 退出。
- (22) **En?In?[E d. ? I n. ?]**: 校正方法选择: 按最右边的“键 4”选择标准值校正法操作; 按左边的“键 1”选择证书值校正法操作。
- (23) **Id?[ I d ?]**: 开始一个新校正记录时, 提示输入一个记录号, 默认为 0。
- (24) **InSEr[ I n SE r]**、**dELok[d E L. o k]**、**ESC.CAL[ESC.CAL]**、**CAL.ok[CAL.ok]**: 分别表示插入操作、删除成功、跳出、校正完成并保存。
- (25) **no Id[n o. I d]**: 空记录, 没有任何数据包括 ID 号。
- (26) **no.SPA[n o. S P A]**: 表示校正点数已达到最大, 不能再进行插入操作, 但可以进行 DEL/ESC /SAVE 操作。
- (27) **rEP?[r E P. ?]**: 表示记录中已有和当前输入的电量值相近的校正点数据, 提示是否覆盖处理, 按键 1 为覆盖, 按其他键回到输入电量值修改。

## 12. 附件

- (1) K 分度号 I 级热电偶软线带插头 1 条。
- (2) 4 线制电阻测量线 1 条。
- (3) 2 线插头 mV/mA 测量线 1 条。

## 13. 选件

可根据用户要求定制各种结构形式的探头。

(1) 精密热电偶探头 K 分度号、I 级、带手柄；

(2) 精密铂电阻探头 A 级、四线制插头、带手柄：

选型举例：使用温度 (-30~+150) °C，选配 A 级或“1/3B 级”Pt100 探头。为了进一步提高整机准确度，在 -30°C、0°C、30°C、50°C、80°C、100°C、120°C、150°C 点进行校正，在短期内（6 个月，取决于传感器稳定性和使用情况），容易做到整机误差小于  $|\pm 0.05|$ °C。

附录：LCD 显示和所代表的字符对照表

显示	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	b	C	d	E	F	G	g	H	h	I
实义	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	g	H	h	I
显示	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	u	V	W	X	Y	Z	?	
实义	i	J	k	L	M	N	O	o	P	Q	R	S	T	U	u	V	W	X	Y	Z	?
显示	R u t o . b . L				R u t o F F				C a l . C o d				C a l F a i l				C a l . O k				
实义	Auto backlit				Auto off				Cal code				Cal Fail				Cal ok				
显示	C o d E r r				C o m m u n								C o n F i g				d e l . O k				
实义	Code Error				Communication								Config				delete ok				
显示	d e l . A l l ?				E n d				E d i t ? I n p				E s c . C a l				F i l t				
实义	dEL.ALL?				End				Edit? Input?				Escape Cal				Filt				
显示	I d ?				I n E r r				I n H i g h				I n L o w				I n S e r				
实义	Id?				Input Error				Input High				Input Low				Insert				
显示	L o w e r L				M a n u a l T e m p								n o I d				n o t F i n				
实义	Lower Limit				Manual temperature								no Id				not Finish				
显示	n o S P a c e				O f f s e t				O v e r				P a r a m e t e r E r r				r e f e r e n c e ?				
实义	None of space				Offset				Over				Parameter Error				reference ?				
显示	r e p l a c e ?				r e s t o r e o k				r e s t o r e ?				S a m p l e r a t e				T y p e				
实义	replace?				restore ok				restore ?				Sample rate				Type				
显示	U n S t a b l e				U p p e r L				W a i t . .				W r i t e E r r								
实义	Unstable				Upper Limit				Wait..				Write Error								



关注公众号 获取技术支持

