

如何在 Keithley 仪器上进行自定义热电阻的相关配置

*适用于 2010, DMM6500, DMM7510, DMM7512, DAQ6510, 3706A, 27XX, 接入自定义 RTD 进行温度测试

*仪器列表中给出的 RTD, 符合 [ITS-90](#) 或 [IPTS-68](#), 其他类型请自行查看

客户在接入自定义的热电阻时, 需要根据自身热电阻的参数来换算出, Keithley 的表中需要配置的热电阻的 α , β , δ 三个对应的参数值。

这里我们以 PT25 为例:

1. 首先需要获取到对应热电阻的标准溯源文档 (检定证书), 并对其中的定义参数进行标的, 明确检定项目的描述
2. 参考 DMM6500/DMM7510 的相关描述, 在不同的温度端上使用不同的公式, 换算出 α , β , δ 的值, 然后在仪器上进行配置

1) 检定证书, 获取到的参数

项目	数据
$R_{tp}(\Omega)$	25.4162
W_{Zn}	2.56828
W_{Sn}	1.89245
$W(100^\circ\text{C})$	1.39263
W_{Ga}	1.11810
a_g	-0.000367
b_g	-0.000025
自热效应 (mK)	0.8

注: 1. 分度按照 1990 年国际温标。

2. 分度时通过温度计的电流为 1mA。

3. R_{tp} 为温度计在水三相点的电阻值,

$$W_{Zn} = R_{419.527^\circ\text{C}} / R_{tp} \quad W_{Sn} = R_{231.928^\circ\text{C}} / R_{tp}$$

$$W(100^\circ\text{C}) = R_{100^\circ\text{C}} / R_{tp} \quad W_{Ga} = R_{29.7646^\circ\text{C}} / R_{tp}$$

4. 温度计的自热效应是水三相点时的测量值。

5. 首次检定, 稳定性未考核。

定义说明请参考:

[《JJG 160-2007 标准铂电阻温度计检定规程》](#)

首先我们先来读懂上面计量报告中的各个参数定义:

- R_{tp} : 标准铂电阻温度计在水三相点(0.01°C)的电阻值
- W_x : 对应元素凝固点温度的电阻值 R_x 与 R_{tp} 的比值

符号	元素	凝固点温度 (°C)
Al	铝	660.323
Zn	锌	419.527
Sn	锡	231.928
In	铟	156.598
Ga	镓	29.7646
Hg	汞	-38.8344
Ar	氩	-189.3442

- a_g, b_g 由温度计分别在锡, 锌凝固点测得的 $\Delta W_g(t)$ 计算获取:

$$a_g = [(W_{Zn} - 1)^2 \Delta W_{Sn} - (W_{Sn} - 1)^2 \Delta W_{Zn}] / DZ$$

$$b_g = [(W_{Sn} - 1) \Delta W_{Zn} - (W_{Zn} - 1) \Delta W_{Sn}] / DZ$$

$$DZ = (W_{Sn} - 1)(W_{Zn} - 1)^2 - (W_{Zn} - 1)^2(W_{Sn} - 1)$$

- 自热效应 (参考检定规程, 这里不做展开)

ΔR : 1mA 的电阻值与 $\sqrt{2}$ 的电流时电阻值的差值

$dW(t)/dt$: 温度 t 时, W 值相对温度的变化率

$$\Delta t = (\Delta R / R_{tp}) / [dW(t)/dt]$$

从上述说明中, 我们可以获取到对应的阻值, $R_{tp} = 25.4162 \Omega$

$$R_{419.527^\circ\text{C}} = 2.56828 * R_{tp} = 65.275918136 \Omega$$

$$R_{100^\circ\text{C}} = 1.39263 * R_{tp} = 35.395362606 \Omega$$

$$R_{231.928^\circ\text{C}} = 1.89245 * R_{tp} = 48.09888769 \Omega$$

$$R_{29.7646^\circ\text{C}} = 1.11810 * R_{tp} = 28.41785322 \Omega$$

2) 然后我们根据上述获取到的数据推算数公式中的 A, B, C 参数, 并换算出对应的 α, β, δ 公式说明如下:

RTD equations

The temperature versus resistance readings listed in the RTD reference tables are calculated using the Callendar-Van Dusen equation. There are two equations that are based on different temperature ranges. There is an equation for the $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ range and one for the $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ range.

Equation for $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperature range

$$R_{\text{RTD}} = R_0 [1 + AT + BT^2 + CT^3(T - 100)]$$

where:

- R_{RTD} is the calculated resistance of the RTD
- R_0 is the known RTD resistance at $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- T is the temperature in $^{\circ}\text{C}$
- $A = \alpha [1 + (\delta/100)]$
- $B = -1 (\alpha)(\delta)(1\text{E-}4)$
- $C = -1 (\alpha)(\beta)(1\text{E-}8)$

The alpha, beta, and delta values are listed in the following table.

Equation for $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperature range

$$R_{\text{RTD}} = R_0 (1 + AT + BT^2)$$

where:

- R_{RTD} is the calculated resistance of the RTD
- R_0 is the known RTD resistance at $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- T is the temperature in $^{\circ}\text{C}$
- $A = \alpha [1 + (\delta/100)]$
- $B = -1 (\alpha)(\delta)(1\text{E-}4)$

The alpha and delta values are listed in the following table.

由于在检定报告中只给出了 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的检定数据, 因此我们只能获取到 $0\sim 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的参数。

我们可以使用辅助工具解析三元一次方程 $R_{\text{RTD}} = R_0 (1 + AT + BT^2)$, 获取对应的参数。

这里计算得到:

$$A = 0.0040498365$$

$$B = -0.0000004124$$

$$R_0 = 25.3690875980289$$

对应的设置参数为:

$$\alpha = 0.00400860$$

$$\beta = \text{--}$$

$$\delta = 1.02877703$$

附件可以配合计算对应的参数, 仅供参考 (双击图标可以打开对应的文档)。



RTD参数计算.xlsx

*补充说明: 如果没有检定报告, 也可以根据以上思路, 获取对应不同温度点的温度数据和对应阻值, 计算出相应的参数数据。