

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 368—2000

工作用铜-铜镍热电偶

Working Copper/Copper-Nickel Thermocouple

2000—07—09 发布

2000—09—15 实施

国家质量技术监督局 发布

工作用铜-铜镍热电偶

检 定 规 程

Verification Regulation of the Working

Copper/Copper - Nickel Thermocouple

JJG 368—2000
代替 JJG 368—1984

本规程经国家质量技术监督局于 2000 年 07 月 09 日批准，并自 2000 年 09 月 15 日实施。

归口单位： 全国温度工作器具计量技术委员会

起草单位： 辽宁省计量测试技术研究所

本规程技术条文委托全国温度工作器具计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

孙云飞 (辽宁省计量测试技术研究所)

宋德华 (辽宁省计量测试技术研究所)

参加起草人：

肖季春 (辽宁省计量测试技术研究所)

吴桂霞 (辽宁省计量测试技术研究所)

李宏伟 (辽宁省计量测试技术研究所)

目 录

1 技术要求.....	(1)
2 检定设备.....	(2)
3 检定方法.....	(2)
4 检定结果的处理和检定周期.....	(4)
附录 A 铜-铜镍热电偶分度表	(6)
附录 B 工作用铜-铜镍热电偶检定记录	(9)
附录 C 工作用铜-铜镍热电偶检定证书 (背面格式)	(10)

工作用铜-铜镍热电偶检定规程

本规程适用于新制的和使用中的测量范围为 $(-200 \sim 350)^\circ\text{C}$ 的工作用铜-铜镍(康铜)热电偶(以下简称热电偶)首次检定和后续检定。

1 技术要求

1.1 构成热电偶用的铜和铜镍电极技术条件应符合国家标准 GB 2903—1998 的要求。热电偶焊点应牢固,表面光滑,无气孔,焊点直径约为电极的 2 倍。电极不允许有折叠、扭曲现象,外部应有绝缘层或绝缘保护管。

1.2 新制热电偶全长应不小于 1.2 m,铜与铜镍电极直径应一致。不同直径热电偶使用的最高温度范围如表 1 所示。

表 1

电极直径 mm	短期使用温度上限 $^\circ\text{C}$	长期使用温度上限 $^\circ\text{C}$
0.2, 0.3	200	150
0.5, 0.8	250	200
1.0, 1.2	300	250
1.6, 2.0	350	300

1.3 热电偶参考端为 0°C 时,在各检定点的热电动势值及对分度表的允许误差应符合表 2 规定。当热电偶检定范围跨越正负温区时,按最大允差计。

表 2

等级	测量端温度 $^\circ\text{C}$	铜-铜镍热电偶热电动势及允差		
		标称值 μV	允差 μV	热电动势范围 μV
I	100	4 279	± 24	4 255 ~ 4 303
	200	9 288	± 43	9 245 ~ 9 331
	300	14 862	± 70	14 792 ~ 14 932

表 2 (续)

等级	测量端温度 $^{\circ}\text{C}$	铜-铜镍热电偶热电动势及允差		
		标称值 μV	允差 μV	热电动势范围 μV
II	100	4 279	± 47	4 232 ~ 4 326
	200	9 288	± 80	9 208 ~ 9 368
	300	14 862	± 131	14 731 ~ 14 993
III	-79	-2 757	± 37	-2 794 ~ -2 720
	-196	-5 539	± 48	-5 587 ~ -5 491

2 检定设备

2.1 标准器： $(-200\sim 0)^{\circ}\text{C}$ 范围的标准铜-铜镍热电偶， $(-30\sim 300)^{\circ}\text{C}$ 范围的 2 等标准水银温度计或 $(-200\sim 419.527)^{\circ}\text{C}$ 范围的 2 等标准铂电阻温度计。

2.2 其他检定设备

2.2.1 0.02 级低电势直流电位差计（最小步进值 $1\mu\text{V}$ ）及其相应的配套设备或不低于同等准确度的电测设备。若用 2 等标准铂电阻温度计时，还应配用 0.02 级 10Ω 标准电阻和电流换向开关。

2.2.2 液氮槽和干冰槽。

2.2.3 工作区域任意两点之间的温差不大于 0.05°C 的恒温槽。

2.2.4 冰点槽或冰点器及保温筒。

2.2.5 多点低热电势转换开关，寄生热电势小于 $1\mu\text{V}$ 。

2.2.6 热电偶焊接设备。

2.2.7 读数望远镜，5~10 倍，用于测量 2 等标准水银温度计。

3 检定方法

3.1 热电偶的示值检定采用比较法，接线如图 1 所示。

3.1.1 热电偶检定点见表 2，热电偶测量端和参考端插入深度不得小于 200 mm。

3.1.2 -196°C 在液氮槽内检定。

3.1.3 -79°C 在低温槽或干冰槽内检定。

3.1.4 100、200、300 $^{\circ}\text{C}$ 在恒温槽内进行检定。

3.1.5 参考端温度为 0°C 。

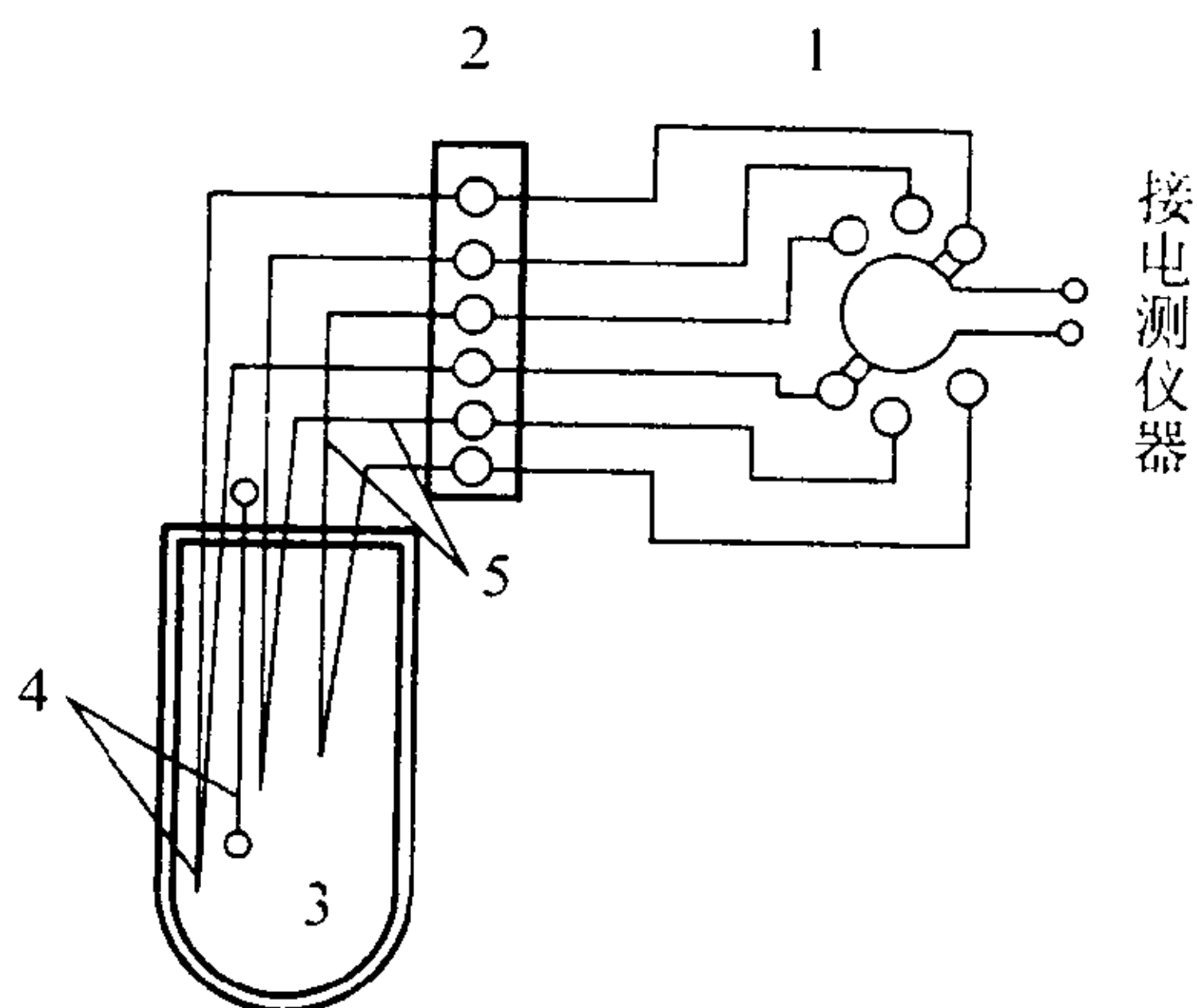


图 1

1—多点转换开关；2—冰点器；3—恒温槽；
4—标准温度计或标准热电偶；5—被检热电偶

3.1.6 检定时槽内温度要控制在检定点 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内，待温度稳定后按照下列顺序依次测量：

标准 \rightarrow 被检 1 \rightarrow 被检 2 \rightarrow \rightarrow 被检 n

标准 \leftarrow 被检 1 \leftarrow 被检 2 \leftarrow \leftarrow 被检 n

每个检定点的测量次数不应少于 2 次（1 个循环），读数前后槽内温度的变化不大于 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，检定记录按附录 B 格式填写。

3.2 用标准铂电阻温度计作标准时，接线如图 2 所示，电流换向前后各测量一个循环。

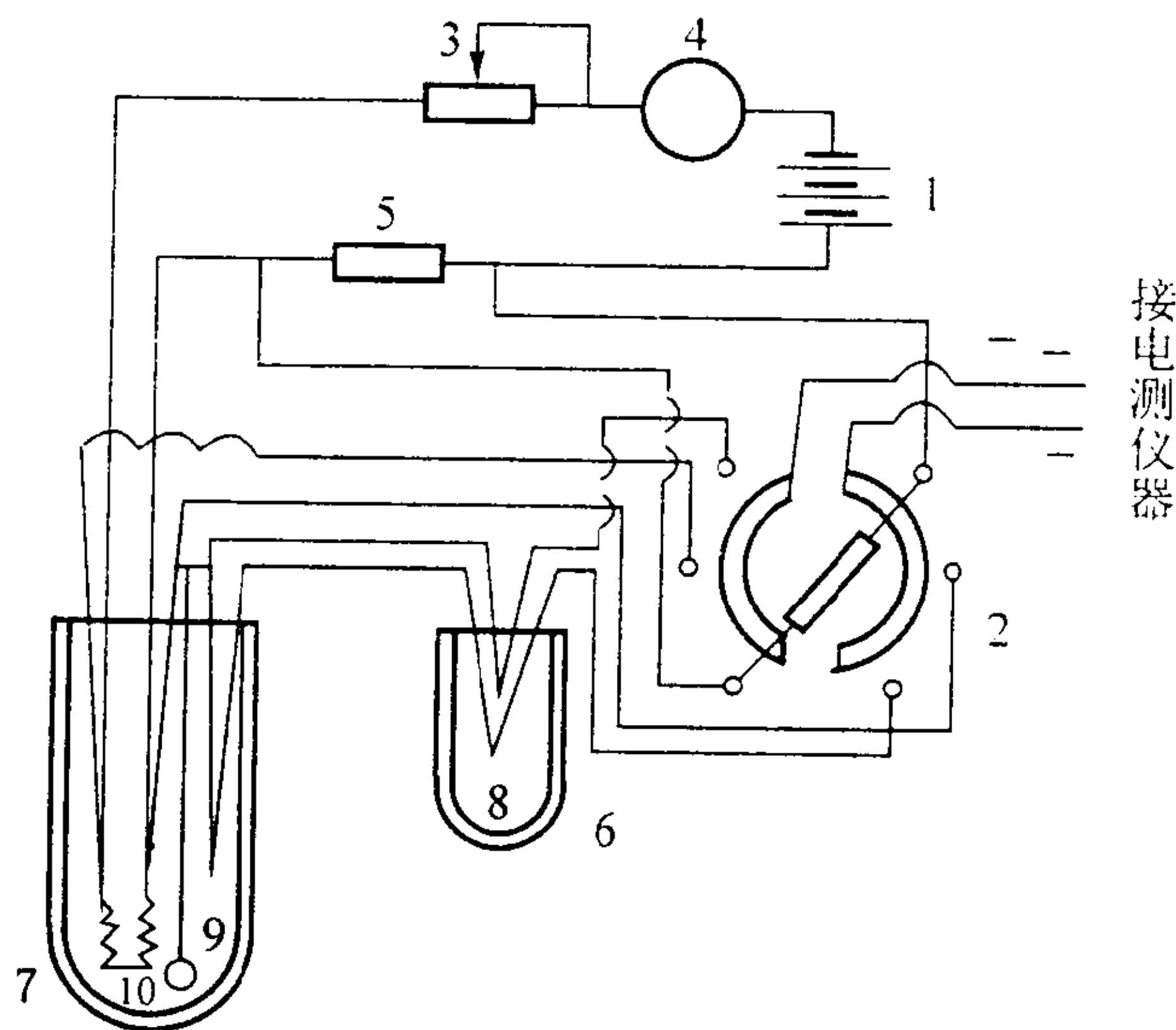


图 2

1—直流电源；2—多点转换开关；3—变阻器；4—毫安表；5—标准电阻；
6—冰点器；7—恒温槽；8—热电偶参考端；9—热电偶测量端；10—标准电阻温度计

4 检定结果的处理和检定周期

4.1 当以 2 等水银温度计作标准时，用下式将热电偶的热电动势修正到整度检定点的热电动势值：

$$E_t = E_{t_i} + (de/dt)_i \Delta t \quad (1)$$

式中： E_t ——修正到检定点时的热电动势值 (μV)；

E_{t_i} ——检定点附近测得的热电动势值 (μV)；

$(de/dt)_i$ ——利用分度表（见附录 A）查得检定点附近的热电动势变化率值；

$$\Delta t = t - t_i \quad (2)$$

式中： t ——检定点名义温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

t_i ——由标准器测得的实际温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

Δt ——检定点温度对实际温度的差值 ($^{\circ}\text{C}$)。

例如：在 300°C 检定点附近，被检热电偶测得的热电动势值为 $14\,855\ \mu\text{V}$ ，2 等标准水银温度计测得温场的实际温度为 300.15°C ，求被检热电偶在 300°C 时的热电动势值。

$$\Delta t = 300 - 300.15 = -0.15^{\circ}\text{C}$$

利用附录 A 查得的热电势变化率：

$$(de/dt)_{300} = (14.920 - 14.826)\ \text{mV}/^{\circ}\text{C} = 58\ \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$$

$$E_{300} = 14\,855 + 58 \times (-0.15) = 14\,846\ \mu\text{V}$$

4.2 当以标准铜-铜镍热电偶作标准时，利用下式将热电偶的热电动势修正到整度检定点的热电动势值：

$$e_{t_{\text{被}}} = e'_{t_{\text{被}}} + c \quad (3)$$

式中： $e_{t_{\text{被}}}$ ——被检热电偶在分度点的热电动势值 (μV)；

$e'_{t_{\text{被}}}$ ——被检热电偶在检定点附近测得热电动势的算术平均值 (μV)；

c ——标准热电偶证书给出检定点的热电动势 ($E_{\text{标证}}$) 与检定点附近实测的热电动势 ($E_{\text{标读}}$) 的算术平均值之差，即

$$c = E_{\text{标证}} - E_{\text{标读}}$$

例如：检定 -196°C 时，根据测量结果得出下列算术平均值：

$$e'_{t_{\text{被}}} = -5\,533\ \mu\text{V}$$

$$E_{\text{标读}} = -5\,495\ \mu\text{V}$$

由标准热电偶证书给出：

$$E_{\text{标证}} = -5\,491\ \mu\text{V}$$

则

$$c = -5\,491 - (-5\,495) = 4\ \mu\text{V}$$

所以

$$e_{t\text{被}} = -5\,533 + 4 = -5\,529\ \mu\text{V}$$

4.3 当以铂电阻温度计作标准时，温度换算与计算步骤详见标准铜-铜镍热电偶检定规程（JJG 115—1999）。

4.4 经检定合格的热电偶发给检定证书，背面格式见附录 C

不合格的热电偶发给检定结果通知书。

4.5 工作用铜-铜镍热电偶检定周期可根据使用情况确定，最长不超过 1 年。

附录 A

铜-铜镍热电偶分度表

参考温度: 0 ℃

$t/^\circ\text{C}$	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
	E/mV									
-270	-6.258									
-260	-6.232	-6.236	-6.239	-6.242	-6.245	-6.248	-6.251	-6.253	-6.255	-6.256
-250	-6.180	-6.187	-6.193	-6.198	-6.204	-6.209	-6.214	-6.219	-6.223	-6.228
-240	-6.105	-6.114	-6.122	-6.130	-6.138	-6.146	-6.153	-6.160	-6.167	-6.174
-230	-6.007	-6.017	-6.028	-6.038	-6.049	-6.059	-6.068	-6.078	-6.087	-6.096
-220	-5.888	-5.901	-5.914	-5.926	-5.938	-5.950	-5.962	-5.973	-5.985	-5.996
-210	-5.753	-5.767	-5.782	-5.795	-5.809	-5.823	-5.836	-5.850	-5.863	-5.876
-200	-5.603	-5.619	-5.634	-5.650	-5.665	-5.680	-5.695	-5.710	-5.724	-5.739
-190	-5.439	-5.456	-5.473	-5.489	-5.506	-5.523	-5.539	-5.555	-5.571	-5.587
-180	-5.261	-5.279	-5.297	-5.316	-5.334	-5.351	-5.369	-5.387	-5.404	-5.421
-170	-5.070	-5.089	-5.109	-5.128	-5.148	-5.167	-5.186	-5.205	-5.224	-5.242
-160	-4.865	-4.886	-4.907	-4.928	-4.949	-4.969	-4.989	-5.010	-5.030	-5.050
-150	-4.648	-4.671	-4.693	-4.715	-4.737	-4.759	-4.780	-4.802	-4.823	-4.844
-140	-4.419	-4.443	-4.466	-4.489	-4.512	-4.535	-4.558	-4.581	-4.604	-4.626
-130	-4.177	-4.202	-4.226	-4.251	-4.275	-4.300	-4.324	-4.348	-4.372	-4.395
-120	-3.923	-3.949	-3.975	-4.000	-4.026	-4.052	-4.077	-4.102	-4.127	-4.152
-110	-3.657	-3.684	-3.711	-3.738	-3.765	-3.791	-3.818	-3.844	-3.871	-3.897
-100	-3.379	-3.407	-3.435	-3.463	-3.491	-3.519	-3.547	-3.574	-3.602	-3.629
-90	-3.089	-3.118	-3.148	-3.177	-3.206	-3.235	-3.264	-3.293	-3.322	-3.350
-80	-2.788	-2.818	-2.849	-2.879	-2.910	-2.940	-2.970	-3.000	-3.030	-3.059
-70	-2.476	-2.507	-2.539	-2.571	-2.602	-2.633	-2.664	-2.695	-2.726	-2.757
-60	-2.153	-2.186	-2.218	-2.251	-2.283	-2.316	-2.348	-2.380	-2.412	-2.444
-50	-1.819	-1.853	-1.887	-1.920	-1.954	-1.987	-2.021	-2.054	-2.087	-2.120
-40	-1.475	-1.510	-1.545	-1.579	-1.614	-1.648	-1.683	-1.717	-1.751	-1.785
-30	-1.121	-1.157	-1.192	-1.228	-1.264	-1.299	-1.335	-1.370	-1.405	-1.440
-20	-0.757	-0.794	-0.830	-0.867	-0.904	-0.940	-0.976	-1.013	-1.049	-1.085
-10	-0.383	-0.421	-0.459	-0.496	-0.534	-0.571	-0.608	-0.646	-0.683	-0.720
0	0.000	-0.039	-0.077	-0.116	-0.154	-0.193	-0.234	-0.269	-0.307	-0.345

(续)

$t/^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	E/mV									
0	0.000	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.352
10	0.391	0.431	0.470	0.510	0.549	0.589	0.629	0.669	0.709	0.749
20	0.790	0.830	0.870	0.911	0.951	0.992	1.033	1.074	1.114	1.155
30	1.196	1.238	1.279	1.320	1.362	1.403	1.445	1.486	1.528	1.570
40	1.612	1.654	1.696	1.738	1.780	1.823	1.865	1.908	1.950	1.993
50	2.036	2.079	2.122	2.165	2.208	2.251	2.294	2.338	2.381	2.425
60	2.468	2.512	2.556	2.600	2.643	2.687	2.732	2.776	2.820	2.864
70	2.909	2.953	2.998	3.043	3.087	3.132	3.177	3.222	3.267	3.312
80	3.358	3.403	3.448	3.494	3.539	3.585	3.631	3.677	3.722	3.768
90	3.814	3.860	3.907	3.953	3.999	4.046	4.092	4.138	4.185	4.232
100	4.279	4.325	4.372	4.419	4.466	4.513	4.561	4.608	4.655	4.702
110	4.750	4.798	4.845	4.893	4.941	4.988	5.036	5.084	5.132	5.180
120	5.228	5.277	5.325	5.373	5.422	5.470	5.519	5.567	5.616	5.665
130	5.714	5.763	5.812	5.861	5.910	5.959	6.008	6.057	6.107	6.156
140	6.206	6.255	6.305	6.355	6.404	6.454	6.504	6.554	6.604	6.654
150	6.704	6.754	6.805	6.855	6.905	6.956	7.006	7.057	7.107	7.158
160	7.209	7.260	7.310	7.361	7.412	7.463	7.515	7.566	7.617	7.668
170	7.720	7.771	7.823	7.874	7.926	7.977	8.029	8.081	8.133	8.185
180	8.237	8.289	8.341	8.393	8.445	8.497	8.550	8.602	8.654	8.707
190	8.759	8.812	8.865	8.917	8.970	9.023	9.076	9.129	9.182	9.235
200	9.288	9.341	9.395	9.448	9.501	9.555	9.608	9.662	9.715	9.769
210	9.822	9.876	9.930	9.984	10.038	10.092	10.146	10.200	10.254	10.308
220	10.362	10.417	10.471	10.525	10.580	10.634	10.689	10.743	10.798	10.853
230	10.907	10.962	11.017	11.072	11.127	11.182	11.237	11.292	11.347	11.403
240	11.458	11.513	11.569	11.624	11.680	11.735	11.791	11.846	11.902	11.958
250	12.013	12.069	12.125	12.181	12.237	12.293	12.349	12.405	12.461	12.518
260	12.574	12.630	12.687	12.743	12.799	12.856	12.912	12.969	13.026	13.082
270	13.139	13.196	13.253	13.310	13.366	13.423	13.480	13.537	13.595	13.652
280	13.709	13.766	13.823	13.881	13.938	13.995	14.053	14.110	14.168	14.226
290	14.283	14.341	14.399	14.456	14.514	14.572	14.630	14.688	14.746	14.804
300	14.862	14.920	14.978	15.036	15.095	15.153	15.211	15.270	15.328	15.386
310	15.445	15.503	15.562	15.621	15.679	15.738	15.797	15.856	15.914	15.973

(续)

$t/^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	E/mV									
320	16.032	16.091	16.150	16.209	16.268	16.327	16.387	16.446	16.505	16.564
330	16.642	16.683	16.742	16.802	16.861	16.921	16.980	17.040	17.100	17.159
340	17.219	17.279	17.339	17.399	17.458	17.518	17.578	17.638	17.698	17.759
350	17.819	17.879	17.939	17.999	18.060	18.120	18.180	18.241	18.301	18.362
360	18.422	18.483	18.543	18.604	18.665	18.725	18.786	18.847	18.908	18.969
370	19.030	19.091	19.152	19.213	19.274	19.335	19.396	19.457	19.518	19.579
380	19.641	19.702	19.763	19.825	19.886	19.947	20.009	20.070	20.132	20.193
390	20.255	20.317	20.378	20.440	20.502	20.563	20.625	20.687	20.748	20.810
400	20.872									

附录 B

工作用铜-铜镍热电偶检定记录

No

湿度 (RH) %		电测设备:				标准电阻温度: °C				环境温度: °C			
温度计号		标准电阻	标准温度计	被检 1	被检 2	被检 3	被检 4	被检 5	被检 6				
		No	No	No	No	No	No	No	No				
1													
2													
3													
4													
平均值													
修正值													
实际值													

测量值 μV

$$\Delta e = (de/dt)\Delta t$$

$$c = E_{\text{标准}} - E_{\text{标读}}$$

检定:

记录:

计算:

复核:

年 月 日

年 月 日

年 月 日

附录 C

工作用铜-铜镍热电偶检定证书

(背面格式)

检 定 结 果

温度 (°C)	热电动势值 (μV)
-79	_____
-196	_____
100	_____
200	_____
300	_____

参考端温度为 0 °C
