

中 华 人 民 共 和 国

国家计量检定规程

镍铬-镍硅
工作用 镍铬-考铜 热电偶

JJG 351—84

2.6

国家计量局

北 京

**镍铬-镍硅
工作用镍铬-考铜热电偶检定规程**

**Verification Regulation of
Working Ni-Cr/Ni-Si and
Ni-Cr/Copel Thermocouples**

JJG 351—84

代替 JJG141—73

本检定规程经国家计量局于1984年4月16日批准，并自1985年3月1日起施行。

归口单位： 辽宁省计量局

起草单位： 辽宁省计量测试技术研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

中华人民共和国
国家计量检定规程
工作用镍铬-镍硅热电偶
镍铬-考铜
JJG 351—84
国家计量局颁布

—*—

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

北京计量印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—*—

开本 850×1168 1/32

印张 1 1/8

字数 27 千字

印数 1—6000

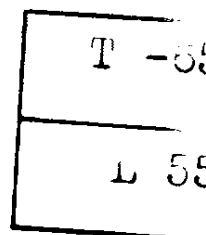
1984年12月第一版

1984年12月第一次印刷

统一书号 15210·414

定价 0.30元

科技新书目: 87—215



本规程主要起草人：

朴台顺 **（辽宁省计量测试技术研究所）**

参加起草人：

侯永山 **（辽宁省计量测试技术研究所）**

陈烈武 **（沈阳有色金属加工厂）**

邵树成 **（沈阳市合金厂）**



目 录

一、技术要求.....	(1)
二、检定设备.....	(2)
三、检定方法.....	(2)
四、检定结果的处理.....	(5)
附录1 与热电偶配合使用的补偿导线的检定	(9)
附录2 铂铑10-铂热电偶分度表.....	(10)
附录3 镍铬-镍硅(镍铬-镍铝)热电偶分度表	(18)
附录4 镍铬-考铜热电偶分度表.....	(24)
附录5 热电偶微分热电动势(塞贝克系数S)表.....	(28)
附录6 双极比较法检定记录表	(29)
附录7 微差法检定记录表	(30)
附录8 检定证书背面格式	(31)

工作用镍铬-镍硅、镍铬-考铜
热电偶检定规程

本规程适用于长度不少于750mm的新制造和使用中的分度号为 K 的工作用镍铬-镍硅热电偶（包括镍铬-镍铝热电偶下同）、分度号为 EA-2 的工作用镍铬-考铜热电偶（以下简称热电偶）的检定。

一、技 术 要 求

1 镍铬-镍硅热电偶的正极名义成分为含镍90%、铬10%，负极名义成分为含镍97%、硅3%。

镍铬-考铜热电偶的正极名义成分为含镍 90%、铬 10%，负极名义成分为含铜57%、镍43%。

2 镍铬-镍硅热电偶的级别按允许误差数值分为 I、II 级，镍铬-考铜热电偶不分级别。

热电偶的热电动势（在规定的温度范围内，参考端温度为0℃时）允许误差，以温度数值表示时应符合表 1 规定：

表 1

热电偶名称	等 级	测量端温度℃	允许误差
镍 铬-镍 硅	I	≤ 400	± 1.6℃
		> 400	± 0.4% t℃
	II	≤ 400	± 3℃
		> 400	± 0.75% t℃
镍 铬-考 铜	—	≤ 300	± 4℃
		> 300	± 1% t℃

注：t 为测量端温度。

3 热电偶的外观应满足下列要求:

3.1 新制热电偶的电极直径应均匀、平直、无裂纹,使用中的热电偶不应有严重的腐蚀或明显缩径等缺陷。

3.2 热电偶测量端的焊接要牢固,表面应光滑、无气孔、无夹灰,呈近似球状。Ⅱ级镍铬-镍硅和镍铬-考铜热电偶也可绞接或焊接,其绞接应均匀成麻花状,绞接长度相当于电极直径的4~5倍。

二、检 定 设 备

4 标准器

4.1 测量范围为0~300℃的二等标准水银温度计一套;

4.2 二等标准铂铑10-铂热电偶、标准镍铬-镍硅热电偶。

5 仪器设备

5.1 准确度不低于0.05级,最小步进值为1 μ V的低电势直流电位差计一套,或具有同等准确度的其它电测设备;

5.2 多点转换开关,其寄生电动势小于1 μ V;

5.3 管式检定炉,其长度约600 mm,常用温度为1200℃,最高温区偏离检定炉管中心位置不应超过30 mm;

5.4 水、油恒温槽,在有效工作区域内温差小于0.2℃;

5.5 冰点恒温器和测量范围-20~50℃、最小分度值小于0.5℃的精密水银温度计;

5.6 控温设备;

5.7 热电偶测量端焊接装置;

5.8 钢卷尺、游标卡尺。

三、检 定 方 法

6 热电偶的外观,用钢卷尺、游标卡尺和目力检查,应符合第3条的要求。

7 经外观检查合格的新制热电偶,示值检定前,应在检定炉中最高检定点温度下退火2小时。使用中的热电偶,可不退火。

8 热电偶的示值检定点温度,按偶丝材料及电极直径粗细决定。

如表 2 所示:

表 2

热电偶名称	热电极直径 (mm)	检定点温度 (°C)
镍 铬-镍 硅	0.3	400 600 700
	0.5 0.8 1.0	400 600 800
	1.2 1.5 2.0 2.5	400 600 800 1000
	3.2	400 600 800 1000 (1200)
镍 铬-考 铜	0.10—0.20	300 400
	0.25—0.45	300 400 (或500)
	0.50—2.50	300 400 (或500) 600
	3.20	300 400 (或500) 600

注: 也可根据需要确定检定点。

9 300℃以下点的检定, 在水、油恒温槽中, 与二等标准水银温度计进行比较检定。

9.1 将热电偶的两电极分别套上高铝绝缘瓷珠, 再在外面套上玻璃保护管, 插入恒温槽中, 插入深度不应小于300 mm, 玻璃管口沿热电偶周围, 用棉花堵好。

9.2 热电偶的参考端, 直接用铜导线连接, 接触要良好。然后插入装有变压器油或酒精的玻璃试管或塑料管中, 再插入冰点恒温器内。

注: I级镍铬-镍硅和镍铬-考铜热电偶的参考端, 也可置于室温中, 但测量时温度要保持稳定, 并用精密水银温度计测量参考端所处的温度, 以备计算时将其温度修正到0℃时用; 也可接延长型补偿导线插入冰点恒温器中, 此时应对补偿导线在室温时的误差进行修正。

采用微差法检定时, 参考端可置于室温中不修正到0℃。

10 300℃以上的各点, 在管式检定炉中, 采用双极比较法或微差法 (仅指采用标准镍铬-镍硅热电偶检定工作用II级镍铬-镍硅热电偶时), 与二等标准铂铑10-铂热电偶进行比较检定, II级镍铬-镍硅和镍铬-考铜热电偶也可与标准镍铬-镍硅热电偶进行比较检定。

10.1 检定时捆扎成一束的热电偶总数, 包括标准在内不应超过6支。

10.2 采用二等标准铂铑10-铂热电偶作为标准时, 将标准热电偶

套上高铝保护管，与套好高铝绝缘瓷珠的被检热电偶，用细镍铬丝捆扎成束，捆扎时为使标准与被检热电偶的测量端处于同一温度点，应将被检热电偶的测量端围绕标准热电偶的测量端均匀分布一周，并处于同一垂直热电偶束平面上，然后用细镍铬丝捆扎。

10.3 采用微差法检定时，热电偶的测量端不得相互接触，但应尽量靠近。

10.4 将捆扎成束的热电偶，装入检定炉内管轴中心，热电偶的测量端应处于检定炉最高温区内，插入深度为300 mm。

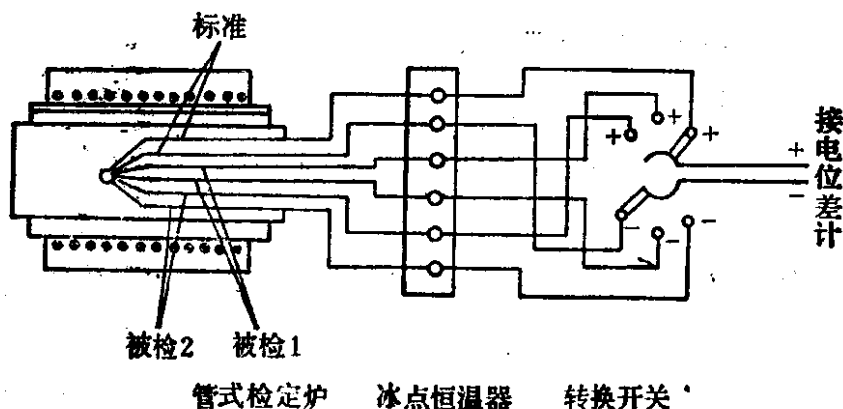
为保证被检与标准热电偶测量端温度尽量相同，检定炉最高温区内可装有耐高温的镍块套（或合金块套）。采用微差法检定时，必须使用镍块套（或合金块套）。

10.5 检定炉炉口沿热电偶束周围，用绝热材料堵好。

11 检定顺序，由低温向高温逐点升温检定。

测量时，炉温偏离检定点温度不应超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。

12 双极比较法连接线路如图1，直接测量标准与被检热电偶的热电动势。



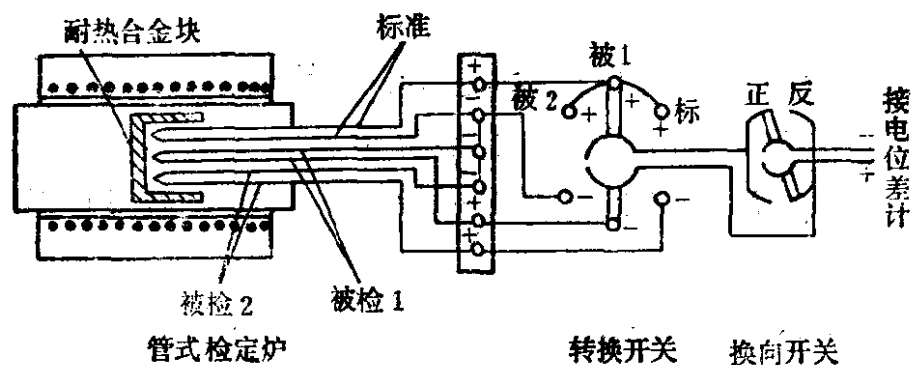
当炉温升到检定点温度，待恒定后，自标准热电偶开始，依次顺序测量各被检热电偶的热电动势。

测量顺序如下：

标 → 被₁ → 被₂ → 被₃ → 被₄ → 被₅
 ↓
 标 ← 被₁ ← 被₂ ← 被₃ ← 被₄ ← 被₅

每支热电偶测量时间间隔应相近,测量次数不应少于2次,在此测量时间内检定炉内温度变化不得超过 0.5°C 。

13 微差法检定连接线路如图2,将被检与标准热电偶反向串联,测量其热电动势差值。



连接线路时,将标准热电偶正极与转换开关正极相接,并将转换开关的所有正极串联,标准和被检热电偶的负极与转换开关的一个公共负极相接,被检热电偶的正极依顺序与转换开关的其它负极相接。

当换向开关置于正向时,测得的热电动势为正(标准热电偶正极与电位差计负极相接),当换向开关置于反向时测得的热电动势为负(标准热电偶的正极与电位差计正极相接)。

用标准热电偶测量炉温时,将换向开关置于反向,当炉温升到检定点温度,待恒定后进行测量,先测量标准热电偶的热电动势,然后依次顺序测量每反串组的热电动势。

测量顺序如下:

标 → 被₁ → 被₂ → 被₃ → 被₄ → 被₅

标 ← 被₁ ← 被₂ ← 被₃ ← 被₄ ← 被₅

每反串组的测量次数不应少于2次,在此测量时间内检定炉内温度变化不得超过 5°C 。

14 测量时将所有测量数据,填写在检定记录表上。

四、检定结果的处理

15 双极比较法检定时,被检热电偶的热电动势误差 Δe 用下式计

算

$$\Delta e = \bar{e}_{\text{被测}} + \frac{e_{\text{标证}} - \bar{e}_{\text{标测}}}{S_{\text{标}}} \cdot S_{\text{被}} - e_{\text{分}} \quad (1)$$

式中: $\bar{e}_{\text{被测}}$ ——被检热电偶在某检定点附近温度下(参考端温度为0℃时)测得的热电动势平均值;

$\bar{e}_{\text{标测}}$ ——标准热电偶在某检定点附近温度下(参考端温度为0℃时)测得的热电动势平均值;

$e_{\text{标证}}$ ——标准热电偶证书上某检定点温度的热电动势值;

$e_{\text{分}}$ ——在热电偶分度表上查得的某检定点温度的热电动势值;

$S_{\text{标}}$ 、 $S_{\text{被}}$ ——分别表示标准、被检热电偶在某检定点温度的微分热电动势。

检定时,如参考端温度未处于0℃,可用下式计算参考端温度为0℃时的热电动势值。

$$E_{(t, t_0)} = E_{(t, t_1)} + E_{(t_1, t_0)} \quad (2)$$

式中: E ——热电偶的热电动势;

t ——热电偶的测量端温度;

t_0 ——热电偶参考端温度为0℃;

t_1 ——检定时热电偶参考端所处的温度。

例:在1000℃附近测得二等标准铂铑10-铂、被检Ⅱ级镍铬-镍硅热电偶的热电动势平均值,分别是 $e_{\text{标测}}$ 为9.445mV、 $e_{\text{被测}}$ 为40.486mV,水银温度计测得的参考端温度 t_1 为20℃,标准热电偶证书中1000℃的热电动势为9.581mV,求被检热电偶在1000℃时的误差。

先利用公式(2)修正标准与被检热电偶参考端温度为0℃时(测得的)热电动势。

从S型(铂铑10-铂)、K型(镍铬-镍硅)热电偶分度表中查得20℃时热电动势 $E_{\text{标}(20,0)}$ 为0.113mV、 $E_{\text{被}(20,0)}$ 为0.798mV

则 $E_{\text{标}(t, t_0)} = 9.445 + 0.113 = 9.558 \text{ mV}$

$E_{\text{被}(t, t_0)} = 40.486 + 0.798 = 41.284 \text{ mV}$

从热电偶微分热电动势表中查得1000℃时,标准与被检热电偶

1℃分别相当于 0.012 mV、0.039 mV

从 K 型(镍铬-镍硅)热电偶分度表中查得 1000℃ 的热电动势为 41.269 mV

将以上数据代入公式(1), 可计算出误差 Δe 值, 即

$$\begin{aligned}\Delta e &= \bar{e}_{\text{被测}} + \frac{e_{\text{标准}} - \bar{e}_{\text{标准}}}{S_{\text{标}}} \cdot S_{\text{被}} - e_{\text{标}} \\ &= 41.284 + \frac{9.581 - 9.558}{0.012} \times 0.039 - 41.269 \\ &= 0.0897 \\ &\approx 0.090 \text{ mV}\end{aligned}$$

则该热电偶在 1000℃ 时其示值的误差为 2.3℃, 其修正值为 -2.3℃.

16 微差法检定时, 被检热电偶的热电动势误差 Δe 用下式计算

$$\Delta e = \Delta \bar{e}_1 - c \quad (3)$$

式中: $\Delta \bar{e}_1$ ——被检与标准热电偶反向串联时在 某 检定点温度上测得的热电动势平均值;

c ——标准热电偶对分度表的修正值, 即分度表上 某 检 定 点的热电动势与标准热电偶证书中相应检定点热电动势之差.

例: 在 800℃ 附近测得的被检与标准镍铬-镍 硅 热 电 偶反向串联时的热电动势平均值 $\Delta \bar{e}_1$ 为 -0.157 mV, 标准热电偶证书中 800℃ 热电动势为 33.270 mV, 求被检热电偶在 800℃ 时的误差.

利用公式(3)计算 Δe

从 K 型(镍铬-镍硅)热电偶分度表中查得 800℃ 时热电动势为 33.277 mV. 标准热电偶对分度表的修正值, 即

$$c = 33.277 - 33.270 = 0.007 \text{ mV}$$

被检镍铬-镍硅热电偶在 800℃ 时其示值的误差, 即

$$\Delta e = -0.157 - 0.007 = -0.164 \text{ mV}$$

相当于 -4℃, 其修正值为 4℃.

17 经检定符合本规程要求的热电偶, 发给检定证书. 如有需要

时,可给出热电偶在各检定点的修正值。对不合格的热电偶,发给检定结果通知书。

18 热电偶的检定周期一般为半年,特殊情况可按使用条件来确定。

附录 1

与热电偶配合使用的补偿导线的检定

1 补偿导线的特性应符合下表的要求:

配合的热电偶 名 称	测量端温度为100℃ 参考端温度为0℃的热电动势(mV)	允许误差 (mV)
镍铬-镍硅	4.10	±0.15
镍铬-考铜	6.95	±0.30

2 符合表中规定的补偿导线,使用单位如有需要,可在其他温度点上检定。

3 先将补偿导线的两端保护层和绝缘去除10~20 mm,并将两个电极表面绝缘物清除干净,使其一端绞接或焊接成一支热电偶,然后参照本规程第9条进行检定。

附录 2

铂铑 10-铂 热电偶分度表
(参考端温度为0℃)

分度号 S

温度 ℃	热 电 动 势 (mV)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-50	-0.236									
-40	-0.194	-0.199	-0.203	-0.207	-0.211	-0.215	-0.220	-0.224	-0.228	-0.232
-30	-0.150	-0.155	-0.159	-0.164	-0.168	-0.173	-0.177	-0.181	-0.186	-0.190
-20	-0.103	-0.108	-0.112	-0.117	-0.122	-0.127	-0.132	-0.136	-0.141	-0.145
-10	-0.053	-0.058	-0.063	-0.068	-0.073	-0.078	-0.083	-0.088	-0.093	-0.098
0	0	-0.005	-0.011	-0.016	-0.021	-0.027	-0.032	-0.037	-0.042	-0.048
0	0	0.005	0.011	0.016	0.022	0.027	0.033	0.038	0.044	0.050
10	0.055	0.061	0.067	0.072	0.078	0.084	0.090	0.095	0.101	0.107
20	0.113	0.119	0.125	0.131	0.137	0.142	0.148	0.154	0.161	0.167
30	0.173	0.179	0.185	0.191	0.197	0.203	0.210	0.216	0.222	0.228
40	0.235	0.241	0.247	0.254	0.260	0.266	0.273	0.279	0.286	0.292
50	0.299	0.305	0.312	0.318	0.325	0.331	0.338	0.345	0.351	0.358
60	0.365	0.371	0.378	0.385	0.391	0.398	0.405	0.412	0.419	0.425
70	0.432	0.439	0.446	0.453	0.460	0.467	0.474	0.481	0.488	0.495
80	0.502	0.509	0.516	0.523	0.530	0.537	0.544	0.551	0.558	0.566
90	0.573	0.580	0.587	0.594	0.602	0.609	0.616	0.623	0.631	0.638
100	0.645	0.653	0.660	0.667	0.675	0.682	0.690	0.697	0.704	0.712
110	0.719	0.727	0.734	0.742	0.749	0.757	0.764	0.772	0.780	0.787
120	0.795	0.802	0.810	0.818	0.825	0.833	0.841	0.848	0.856	0.864
130	0.872	0.879	0.887	0.895	0.903	0.910	0.918	0.926	0.934	0.942
140	0.950	0.957	0.965	0.973	0.981	0.989	0.997	1.005	1.013	1.021

续表

(参考端温度为0℃)

分度号 S

温 度 ℃	热 电 动 势 (mV)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
150	1.029	1.037	1.045	1.053	1.061	1.069	1.077	1.085	1.093	1.101
160	1.109	1.117	1.125	1.133	1.141	1.149	1.158	1.166	1.174	1.182
170	1.190	1.198	1.207	1.215	1.223	1.231	1.240	1.248	1.256	1.264
180	1.273	1.281	1.289	1.297	1.306	1.314	1.322	1.331	1.339	1.347
190	1.356	1.364	1.373	1.381	1.389	1.398	1.406	1.415	1.423	1.432
200	1.440	1.448	1.457	1.465	1.474	1.482	1.491	1.499	1.508	1.516
210	1.525	1.534	1.542	1.551	1.559	1.568	1.576	1.585	1.594	1.602
220	1.611	1.620	1.628	1.637	1.645	1.654	1.663	1.671	1.680	1.689
230	1.698	1.706	1.715	1.724	1.732	1.741	1.750	1.759	1.767	1.776
240	1.785	1.794	1.802	1.811	1.820	1.829	1.838	1.846	1.855	1.864
250	1.873	1.882	1.891	1.899	1.908	1.917	1.926	1.935	1.944	1.953
260	1.962	1.971	1.979	1.988	1.997	2.006	2.015	2.024	2.033	2.042
270	2.051	2.060	2.069	2.078	2.087	2.096	2.105	2.114	2.123	2.132
280	2.141	2.150	2.159	2.168	2.177	2.186	2.195	2.204	2.213	2.222
290	2.232	2.241	2.250	2.259	2.268	2.277	2.286	2.295	2.304	2.314
300	2.323	2.332	2.341	2.350	2.359	2.368	2.378	2.387	2.396	2.405
310	2.414	2.424	2.433	2.442	2.451	2.460	2.470	2.479	2.488	2.497
320	2.506	2.516	2.525	2.534	2.543	2.553	2.562	2.571	2.581	2.590
330	2.599	2.608	2.618	2.627	2.636	2.646	2.655	2.664	2.674	2.683
340	2.692	2.702	2.711	2.720	2.730	2.739	2.748	2.758	2.767	2.776
350	2.786	2.795	2.805	2.814	2.823	2.833	2.842	2.861	2.861	2.870
360	2.880	2.889	2.899	2.908	2.917	2.927	2.936	2.946	2.955	2.965
370	2.974	2.984	2.993	3.003	3.012	3.022	3.031	3.041	3.050	3.059
380	3.069	3.078	3.088	3.097	3.107	3.117	3.126	3.136	3.145	3.155
390	3.164	3.174	3.183	3.193	3.202	3.212	3.221	3.231	3.241	3.250

续表

(参考端温度为0℃)

分度号 S

温 度 ℃	热 电 动 势 (mV)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	3.260	3.269	3.279	3.288	3.298	3.308	3.317	3.327	3.336	3.346
410	3.356	3.365	3.375	3.384	3.394	3.404	3.413	3.423	3.433	3.442
420	3.452	3.462	3.471	3.481	3.491	3.500	3.510	3.520	3.529	3.539
430	3.549	3.558	3.568	3.578	3.587	3.597	3.607	3.616	3.626	3.636
440	3.645	3.655	3.665	3.675	3.684	3.694	3.704	3.714	3.723	3.733
450	3.743	3.752	3.762	3.772	3.782	3.791	3.801	3.811	3.821	3.831
460	3.840	3.850	3.860	3.870	3.879	3.889	3.899	3.909	3.919	3.928
470	3.938	3.948	3.958	3.968	3.977	3.987	3.997	4.007	4.017	4.027
480	4.036	4.046	4.056	4.066	4.076	4.086	4.095	4.105	4.115	4.125
490	4.135	4.145	4.155	4.164	4.174	4.184	4.194	4.204	4.214	4.224
500	4.234	4.243	4.253	4.263	4.273	4.283	4.293	4.303	4.313	4.323
510	4.333	4.343	4.352	4.362	4.372	4.382	4.392	4.402	4.412	4.422
520	4.432	4.442	4.452	4.462	4.472	4.482	4.492	4.502	4.512	4.522
530	4.532	4.542	4.552	4.562	4.572	4.582	4.592	4.602	4.612	4.622
540	4.632	4.642	4.652	4.662	4.672	4.682	4.692	4.702	4.712	4.722
550	4.732	4.742	4.752	4.762	4.772	4.782	4.792	4.802	4.812	4.822
560	4.832	4.842	4.852	4.862	4.873	4.883	4.893	4.903	4.913	4.923
570	4.933	4.943	4.953	4.963	4.973	4.984	4.994	5.004	5.014	5.024
580	5.034	5.044	5.054	5.065	5.075	5.085	5.095	5.105	5.115	5.125
590	5.136	5.146	5.156	5.166	5.176	5.186	5.197	5.207	5.217	5.227
600	5.237	5.247	5.258	5.268	5.278	5.288	5.298	5.309	5.319	5.329
610	5.339	5.350	5.360	5.370	5.380	5.391	5.401	5.411	5.421	5.431
620	5.442	5.452	5.462	5.473	5.483	5.493	5.503	5.514	5.524	5.534
630	5.544	5.555	5.565	5.575	5.586	5.596	5.606	5.617	5.627	5.637
640	5.648	5.658	5.668	5.679	5.689	5.700	5.710	5.720	5.731	5.741