

综述

物体的冷热程度常用“温度”这个物理量来表示,温度借助于某种物质的某种特性(如体积、长度、电阻等)随温度变化的一定规律来测量。其中,由以铂作为感温材料的感温元件、内引线和保护管构成的温度传感器,称为铂热电阻。铂热电阻具有示值稳定、测量准确度高等优点,还具有一定程度的抗振动冲击的性能。广泛应用于工业测温。工业测温中使用的铂电阻温度传感器为工业热电阻。我国现行的铂电阻技术条件和检定规程等同于 IEC751 出版物。在常用的电阻温度计中,标准铂电阻温度计的准确度最高,并作为国际温标中 961.78℃ 以下内插用标准温度计。

铂电阻的温度系数

单位温度变化引起电阻值的相对变化。感温元件和热电阻的电阻温度系数用 α 表示,即:

$$\alpha = (R_t - R_{t_0}) / [R_{t_0} \times (t - t_0)] \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

根据 IEC751 国标,温度系数 $\alpha = 0.003851$, PT100 ($R_0 = 100 \Omega$)、PT1000 ($R_0 = 1000 \Omega$) 统一设计铂电阻,其中

| | |
|------------|---|
| 分度号 PT100 | 0℃ 时标准阻值 $R_0 = 100 \Omega$, 100℃ 时标准阻值 $R_{100} = 138.51 \Omega$ |
| 另外 | |
| 分度号 PT1000 | 0℃ 时标准阻值 $R_0 = 1000 \Omega$, 100℃ 时标准阻值 $R_{100} = 1385.1 \Omega$ |

温度/电阻特性:

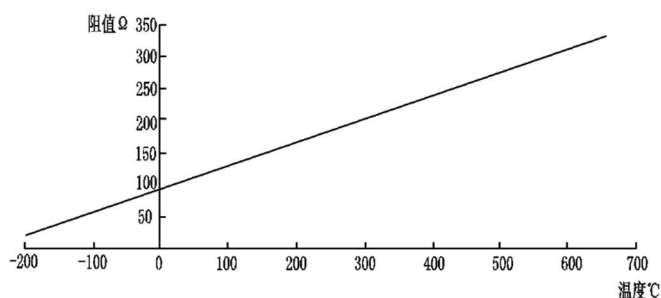
铂热电阻的电阻/温度关系:(分度表详见附录)

对于 $-200 \sim 0^\circ\text{C}$ 的温度范围

$$R_t = R_0 \cdot [1 + At + Bt^2 + C(t - 100^\circ\text{C})t^3]$$

对于 $0 \sim 850^\circ\text{C}$ 的温度范围

$$R_t = R_0 \cdot (1 + At + Bt^2)$$



以上两式中

- R_t ——在温度为 t 时铂热电阻的电阻值; Ω 。
- T ——温度; $^\circ\text{C}$ 。
- R_0 ——在温度为 0°C 时铂热电阻的电阻值; Ω 。
- A ——常数,当 $\alpha = 0.003851$ 时其值为: $3.9083 \times 10^{-3}, ^\circ\text{C}^{-1}$;
- B ——常数,当 $\alpha = 0.003851$ 时其值为: $-5.775 \times 10^{-7}, ^\circ\text{C}^{-2}$;
- C ——常数,当 $\alpha = 0.003851$ 时其值为: $-4.183 \times 10^{-12}, ^\circ\text{C}^{-4}$ 。

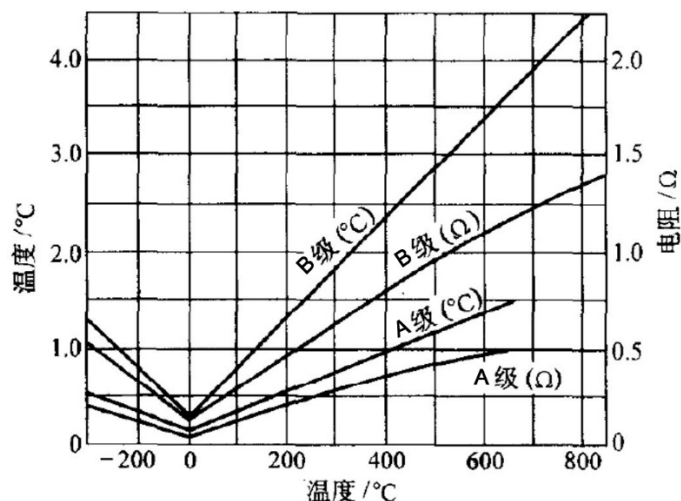
以上采用 1990 年国际温标 (ITS-90) 的温度值。

允差

铂热电阻的允差分为 1/3 DIN B,A, B, C (2B) 等等级；允差等级用 Δ 表示。

| 允差等级 | 允差 Δ |
|-----------|-----------------------|
| 1/3 DIN B | $\pm (0.1+0.0017 t)$ |
| A | $\pm (0.15+0.002 t)$ |
| B | $\pm (0.3+0.005 t)$ |
| C | $\pm (0.6+0.01 t)$ |

注：
 1. 表中 |t| 为温度的绝对值，℃。
 2. 对于 0℃ 时公称电阻值为 100.00 Ω 的铂热电阻，
 A 级允差不适用于 t > 650℃ 的温度范围。
 A 级允差不适用于采用二线制的铂热电阻。



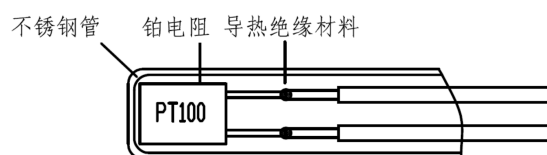
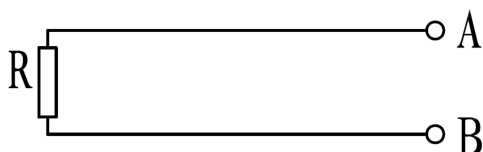
误差数据表（绝对值）

| 温度 °C | 标准电阻值 Ω | 1/3DIN B 级 | | A 级 | | B 级 | |
|-------|---------|------------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | | 温度误差 °C | 阻值误差 Ω | 温度误差 °C | 阻值误差 Ω | 温度误差 °C | 阻值误差 Ω |
| -200 | 18.52 | 0.44 | 0.19 | 0.55 | 0.24 | 1.3 | 0.56 |
| -100 | 60.26 | 0.27 | 0.11 | 0.35 | 0.14 | 0.8 | 0.32 |
| 0 | 100.00 | 0.10 | 0.04 | 0.15 | 0.06 | 0.3 | 0.12 |
| 100 | 138.51 | 0.27 | 0.10 | 0.35 | 0.13 | 0.8 | 0.30 |
| 200 | 175.86 | 0.44 | 0.16 | 0.55 | 0.20 | 1.3 | 0.48 |
| 300 | 212.05 | 0.61 | 0.22 | 0.75 | 0.27 | 1.8 | 0.64 |
| 400 | 247.09 | 0.78 | 0.27 | 0.95 | 0.33 | 2.3 | 0.79 |
| 500 | 280.98 | 0.95 | 0.32 | 1.15 | 0.38 | 2.8 | 0.93 |
| 600 | 313.71 | 1.12 | 0.36 | 1.35 | 0.43 | 3.3 | 1.06 |
| 650 | 329.64 | 1.21 | 0.38 | 1.45 | 0.46 | 3.55 | 1.12 |

引线形式

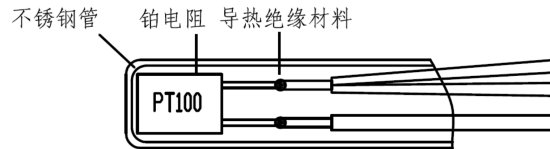
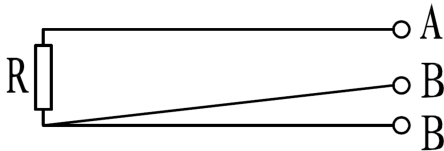
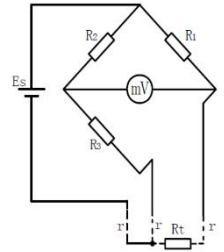
1. 两线制

在热电阻感温元件的两端各连一根导线的引线形式为两线制。这种引线方式会带进引线电阻的附加误差，在使用时引线不宜过长。一般适用于精度要求不高的场合。



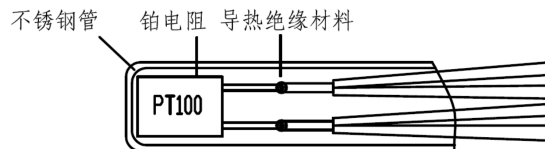
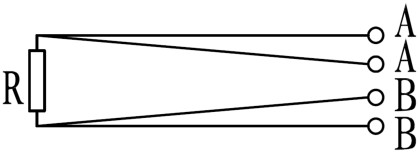
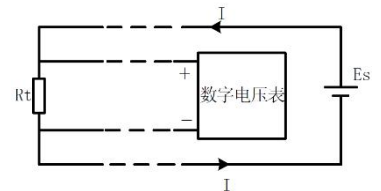
2. 三线制

在热电阻感温元件的一端连接两根引线，另一端连接一根引线，这种引线形式称为三线制。它可以消除内引线电阻的影响，测量精度高于两线制。测量三线制铂电阻的电路一般是不平衡电桥，铂电阻作为电桥的一个桥臂电阻。当桥路平衡时， $R_t = (R_1 R_3 / R_2) + (R_1 r / R_2) - r$ 当 $R_1 = R_2$ 时，导线电阻的变化对测量结果没有任何影响，这样就消除了导线线路电阻带来的测量误差。前提是必须为全等臂电桥，否则不可能完全消除对导线电阻的影响。据分析，采用三线制会大大减小导线电阻带来的附加误差，工业中一般都采用三线制接线方式。



3. 四线制

在热电阻感温元件的两端各连两根引线，在高精度测量时，要采用四线制。当测量电阻数值很小时，测试线的电阻可能引入明显误差，四线测量用两条附加测试线提供恒定电流，另外两条测试线测量未知电阻的电压降，在电压表输入阻抗足够高的情况下，电流几乎不流过电压表，这样就可以精确测量未知电阻上的压降，通过计算得出电阻值。



铂电阻传感器的稳定性

铂电阻有良好的长期稳定性，典型实验数据为：在 400℃ 持续 1000 小时，0℃ 时的最大温度漂移为 ±0.04%。

铂电阻的自热和测试电流

常规产品的测试电流，PT100 为 0.3~1mA，PT1000 为 0.1~0.3mA。实际应用时测试电流不应超过允许值，例如当 PT100 测试电流为 1mA 时，温升为 0.1℃，当测试电流为 2mA 时，温升为 0.49℃。并且自热温升的数据同产品的结构也有很大的关系，如保护管的直径、材质，内部填充物的种类，测试条件等。



绝缘电阻

常温绝缘电阻的试验测试电压可取直流 10-100V 任意值,环境温度在 15~35℃ 范围内,环境湿度应不大于 80%,常温绝缘电阻值应大于 100MΩ。

响应时间

当温度阶跃变化时,温度传感器的输出变化至量程变化的 50%所需要的时间称为响应时间,用 $\tau_{0.5}$ 表示。影响 $\tau_{0.5}$ 的因素与保护管的材料、直径、壁厚有关,而且还与其结构形式、安装方法、置入深度以及被测介质的流速、种类有关。

元器件响应时间典型数据值如下:

| 响应时间 | 空气 V=2m/s | 水 V=0.4m/s |
|--------------|-----------|------------|
| $\tau_{0.5}$ | 3.0S | 0.05S |

综合误差

温度传感器在测量过程中主要误差来源:传感器对分度表的误差,绝缘不良引起的误差,线路电阻引起的误差,测量仪表的误差以及传热误差,动态相应误差,干扰误差等。其中有些误差是在一定条件下才会出现,并且通过一定的措施是可以消除和减小的。

测量结构

铂电阻温度传感器由外保护管、延长导线、测温电阻、绝缘导热填充物装配而成。绝大部分测温场合使用的都是此类产品。另外适用于刚性保护管不能插入或需要弯曲测量等特殊部位的铂电阻温度传感器,由电阻体、引线、绝缘氧化镁及保护套管整体拉制而成,顶部焊接铂电阻,抗震性能好,测温范围宽,并且长度方向可以弯曲。但必须注意的是由于顶部是测温元件所在的位置,所以其端部的 30mm 是不得弯曲的。

温度传感器的选型确定温度传感器的类型、实际使用温度范围、精度、尺寸及安装固定方式等。如无特殊约定,所有铂电阻温度传感器的头部 5mm 长度为温度测量端。

常用温度传感器选型参考

| | | |
|--|--|---|
| 直管封装  | 手持式  | 刺入式  |
| 螺纹式  | 带保护管螺纹式  | 内装螺纹式  |
| 弹簧压紧测温 1 (螺钉式)  | 弹簧压紧测温 2  | 手持式螺纹  |
| 铜对边螺杆式  | 表面测温 方管式 1  | 表面测温 方管式 2  |
| 圆饼式 1  | 圆饼式 2  | 方饼式  |
| 铜鼻子 1  | 铜鼻子 2  | 不锈钢鼻子  |

| | | |
|--|--|--|
| <p>方形铝鼻子式</p>  | <p>带安装片式 1</p>  | <p>带安装片式 2</p>  |
| <p>带安装片式 3</p>  | <p>带安装片式 4</p>  | <p>T 型安装板直角出线式</p>  |
| <p>卡箍式 1</p>  | <p>卡箍式 2</p>  | <p>空气测温式</p>  |
| <p>磁吸式</p>  | <p>带连接器式 1</p>  | <p>带连接器式 2</p>  |
| <p>无连接</p>  | <p>固定螺纹连接 1</p>  | <p>固定螺纹连接 2</p>  |
| <p>卡套螺纹连接 (螺纹可以活动)</p>  | <p>固定法兰式</p>  | <p>活动法兰式</p>  |



附录

| PT100 铂电阻分度表 | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 温度 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ℃ | 电阻值(Ω) | | | | | | | | | |
| -200 | 18.52 | | | | | | | | | |
| -190 | 22.83 | 22.4 | 21.97 | 21.54 | 21.11 | 20.68 | 20.25 | 19.82 | 19.38 | 18.95 |
| -180 | 27.1 | 26.67 | 26.24 | 25.82 | 25.39 | 24.97 | 24.54 | 24.11 | 23.68 | 23.25 |
| -170 | 31.34 | 30.91 | 30.49 | 30.07 | 29.64 | 29.22 | 28.8 | 28.37 | 27.95 | 27.52 |
| -160 | 35.54 | 35.12 | 34.7 | 34.28 | 33.86 | 33.44 | 33.02 | 32.6 | 32.18 | 31.76 |
| -150 | 39.72 | 39.31 | 38.89 | 38.47 | 38.05 | 37.64 | 37.22 | 36.8 | 36.38 | 35.96 |
| -140 | 43.88 | 43.46 | 43.05 | 42.63 | 42.22 | 41.8 | 41.39 | 40.97 | 40.56 | 40.14 |
| -130 | 48 | 47.59 | 47.18 | 46.77 | 46.36 | 45.94 | 45.53 | 45.12 | 44.7 | 44.29 |
| -120 | 52.11 | 51.7 | 51.29 | 50.88 | 50.47 | 50.06 | 49.65 | 49.24 | 48.83 | 48.42 |
| -110 | 56.19 | 55.79 | 55.38 | 54.97 | 54.56 | 54.15 | 53.75 | 53.34 | 52.93 | 52.52 |
| -100 | 60.26 | 59.85 | 59.44 | 59.04 | 58.63 | 58.23 | 57.82 | 57.41 | 57.01 | 56.6 |
| -90 | 64.3 | 63.9 | 63.49 | 63.09 | 62.68 | 62.28 | 61.88 | 61.47 | 61.07 | 60.66 |
| -80 | 68.33 | 67.92 | 67.52 | 67.12 | 66.72 | 66.31 | 65.91 | 65.51 | 65.11 | 64.7 |
| -70 | 72.33 | 71.93 | 71.53 | 71.13 | 70.73 | 70.33 | 69.93 | 69.53 | 69.13 | 68.73 |
| -60 | 76.33 | 75.93 | 75.53 | 75.13 | 74.73 | 74.33 | 73.93 | 73.53 | 73.13 | 72.73 |
| -50 | 80.31 | 79.91 | 79.51 | 79.11 | 78.72 | 78.32 | 77.92 | 77.52 | 77.12 | 76.73 |
| -40 | 84.27 | 83.87 | 83.48 | 83.08 | 82.69 | 82.29 | 81.89 | 81.5 | 81.1 | 80.7 |
| -30 | 88.22 | 87.83 | 87.43 | 87.04 | 86.64 | 86.25 | 85.85 | 85.46 | 85.06 | 84.67 |
| -20 | 92.16 | 91.77 | 91.37 | 90.98 | 90.59 | 90.19 | 89.8 | 89.4 | 89.01 | 88.62 |
| -10 | 96.09 | 95.69 | 95.3 | 94.91 | 94.52 | 94.12 | 93.73 | 93.34 | 92.95 | 92.55 |
| 0 | 100 | 99.61 | 99.22 | 98.83 | 98.44 | 98.04 | 97.65 | 97.26 | 96.87 | 96.48 |
| 0 | 100 | 100.39 | 100.78 | 101.17 | 101.56 | 101.95 | 102.34 | 102.73 | 103.12 | 103.51 |
| 10 | 103.9 | 104.29 | 104.68 | 105.07 | 105.46 | 105.85 | 106.24 | 106.63 | 107.02 | 107.4 |
| 20 | 107.79 | 108.18 | 108.57 | 108.96 | 109.35 | 109.73 | 110.12 | 110.51 | 110.9 | 111.29 |
| 30 | 111.67 | 112.06 | 112.45 | 112.83 | 113.22 | 113.61 | 114 | 114.38 | 114.77 | 115.15 |
| 40 | 115.54 | 115.93 | 116.31 | 116.7 | 117.08 | 117.47 | 117.86 | 118.24 | 118.63 | 119.01 |
| 50 | 119.4 | 119.78 | 120.17 | 120.55 | 120.94 | 121.32 | 121.71 | 122.09 | 122.47 | 122.86 |
| 60 | 123.24 | 123.63 | 124.01 | 124.39 | 124.78 | 125.16 | 125.54 | 125.93 | 126.31 | 126.69 |
| 70 | 127.08 | 127.46 | 127.84 | 128.22 | 128.61 | 128.99 | 129.37 | 129.75 | 130.13 | 130.52 |
| 80 | 130.9 | 131.28 | 131.66 | 132.04 | 132.42 | 132.8 | 133.18 | 133.57 | 133.95 | 134.33 |
| 90 | 134.71 | 135.09 | 135.47 | 135.85 | 136.23 | 136.61 | 136.99 | 137.37 | 137.75 | 138.13 |
| 100 | 138.51 | 138.88 | 139.26 | 139.64 | 140.02 | 140.4 | 140.78 | 141.16 | 141.54 | 141.91 |
| 110 | 142.29 | 142.67 | 143.05 | 143.43 | 143.8 | 144.18 | 144.56 | 144.94 | 145.31 | 145.69 |
| 120 | 146.07 | 146.44 | 146.82 | 147.2 | 147.57 | 147.95 | 148.33 | 148.7 | 149.08 | 149.46 |
| 130 | 149.83 | 150.21 | 150.58 | 150.96 | 151.33 | 151.71 | 152.08 | 152.46 | 152.83 | 153.21 |
| 140 | 153.58 | 153.96 | 154.33 | 154.71 | 155.08 | 155.46 | 155.83 | 156.2 | 156.58 | 156.95 |



深圳市铂电科技有限公司

Shen Zhen BD RTD sensors Technology Co.,Ltd.

| 温度 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ℃ | 电阻值(Ω) | | | | | | | | | |
| 150 | 157.33 | 157.7 | 158.07 | 158.45 | 158.82 | 159.19 | 159.56 | 159.94 | 160.31 | 160.68 |
| 160 | 161.05 | 161.43 | 161.8 | 162.17 | 162.54 | 162.91 | 163.29 | 163.66 | 164.03 | 164.4 |
| 170 | 164.77 | 165.14 | 165.51 | 165.89 | 166.26 | 166.63 | 167 | 167.37 | 167.74 | 168.11 |
| 180 | 168.48 | 168.85 | 169.22 | 169.59 | 169.96 | 170.33 | 170.7 | 171.07 | 171.43 | 171.8 |
| 190 | 172.17 | 172.54 | 172.91 | 173.28 | 173.65 | 174.02 | 174.38 | 174.75 | 175.12 | 175.49 |
| 200 | 175.86 | 176.22 | 176.59 | 176.96 | 177.33 | 177.69 | 178.06 | 178.43 | 178.79 | 179.16 |
| 210 | 179.53 | 179.89 | 180.26 | 180.63 | 180.99 | 181.36 | 181.72 | 182.09 | 182.46 | 182.82 |
| 220 | 183.19 | 183.55 | 183.92 | 184.28 | 184.65 | 185.01 | 185.38 | 185.74 | 186.11 | 186.47 |
| 230 | 186.84 | 187.2 | 187.56 | 187.93 | 188.29 | 188.66 | 189.02 | 189.38 | 189.75 | 190.11 |
| 240 | 190.47 | 190.84 | 191.2 | 191.56 | 191.92 | 192.29 | 192.65 | 193.01 | 193.37 | 193.74 |
| 250 | 194.1 | 194.46 | 194.82 | 195.18 | 195.55 | 195.91 | 196.27 | 196.63 | 196.99 | 197.35 |
| 260 | 197.71 | 198.07 | 198.43 | 198.79 | 199.15 | 199.51 | 199.87 | 200.23 | 200.59 | 200.95 |
| 270 | 201.31 | 201.67 | 202.03 | 202.39 | 202.75 | 203.11 | 203.47 | 203.83 | 204.19 | 204.55 |
| 280 | 204.9 | 205.26 | 205.62 | 205.98 | 206.34 | 206.7 | 207.05 | 207.41 | 207.77 | 208.13 |
| 290 | 208.48 | 208.84 | 209.2 | 209.56 | 209.91 | 210.27 | 210.63 | 210.98 | 211.34 | 211.7 |
| 300 | 212.05 | 212.41 | 212.76 | 213.12 | 213.48 | 213.83 | 214.19 | 214.54 | 214.9 | 215.25 |
| 310 | 215.61 | 215.96 | 216.32 | 216.67 | 217.03 | 217.38 | 217.74 | 218.09 | 218.44 | 218.8 |
| 320 | 219.15 | 219.51 | 219.86 | 220.21 | 220.57 | 220.92 | 221.27 | 221.63 | 221.98 | 222.33 |
| 330 | 222.68 | 223.04 | 223.39 | 223.74 | 224.09 | 224.45 | 224.8 | 225.15 | 225.5 | 225.85 |
| 340 | 226.21 | 226.56 | 226.91 | 227.26 | 227.61 | 227.96 | 228.31 | 228.66 | 229.02 | 229.37 |
| 350 | 229.72 | 230.07 | 230.42 | 230.77 | 231.12 | 231.47 | 231.82 | 232.17 | 232.52 | 232.87 |
| 360 | 233.21 | 233.56 | 233.91 | 234.26 | 234.61 | 234.96 | 235.31 | 235.66 | 236 | 236.35 |
| 370 | 236.7 | 237.05 | 237.4 | 237.74 | 238.09 | 238.44 | 238.79 | 239.13 | 239.48 | 239.83 |
| 380 | 240.18 | 240.52 | 240.87 | 241.22 | 241.56 | 241.91 | 242.26 | 242.6 | 242.95 | 243.29 |
| 390 | 243.64 | 243.99 | 244.33 | 244.68 | 245.02 | 245.37 | 245.71 | 246.06 | 246.4 | 246.75 |
| 400 | 247.09 | 247.44 | 247.78 | 248.13 | 248.47 | 248.81 | 249.16 | 249.5 | 245.85 | 250.19 |
| 410 | 250.53 | 250.88 | 251.22 | 251.56 | 251.91 | 252.25 | 252.59 | 252.93 | 253.28 | 253.62 |
| 420 | 253.96 | 254.3 | 254.65 | 254.99 | 255.33 | 255.67 | 256.01 | 256.35 | 256.7 | 257.04 |
| 430 | 257.38 | 257.72 | 258.06 | 258.4 | 258.74 | 259.08 | 259.42 | 259.76 | 260.1 | 260.44 |
| 440 | 260.78 | 261.12 | 261.46 | 261.8 | 262.14 | 262.48 | 262.82 | 263.16 | 263.5 | 263.84 |
| 450 | 264.18 | 264.52 | 264.86 | 265.2 | 265.53 | 265.87 | 266.21 | 266.55 | 266.89 | 267.22 |
| 460 | 267.56 | 267.9 | 268.24 | 268.57 | 268.91 | 269.25 | 269.59 | 269.92 | 270.26 | 270.6 |
| 470 | 270.93 | 271.27 | 271.61 | 271.94 | 272.28 | 272.61 | 272.95 | 273.29 | 273.62 | 273.96 |
| 480 | 274.29 | 274.63 | 274.96 | 275.3 | 275.63 | 275.97 | 276.3 | 276.64 | 276.97 | 277.31 |
| 490 | 277.64 | 277.98 | 278.31 | 278.64 | 278.98 | 279.31 | 279.64 | 279.98 | 280.31 | 280.64 |
| 500 | 280.98 | 281.31 | 281.64 | 281.98 | 282.31 | 282.64 | 282.97 | 283.31 | 283.64 | 283.97 |