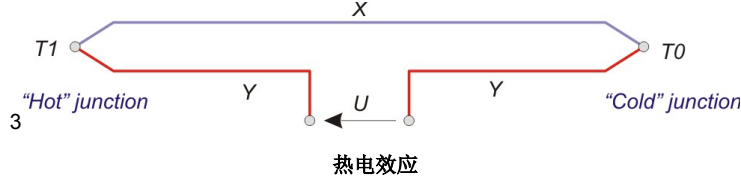


热电偶是最常用的温度传感器之一。热电偶使用的是热电效应（塞贝克效应）。

热电效应

开路，包括 2 个导体 X 和 Y（金属或合金），如下图所示：



如 2 个金属（合金）接点放在 2 个温度（T1 和 T0），那么将在 2 个末端形成势差（U）。这种现象根据其发现者而命名，塞贝克效应。势差是由金属（合金）的类型所决定的。T0 和 T1 的温差越大，塞贝克效应越大。

如冷接点 T0 的温度和势差 U 已知，那么我们就可以计算热接点的温度 T1。这就是热电偶如何测量温度，烟囱内的温度。

在下列表中，可以看到不同金属和合金的热电特性。

材料	塞贝克系数[uV/K] @ 273K
铋 (Bi)	-72
铜镍合金 (55% Cu + 44% Ni + 1% Mn)	-35
镍(Ni)	-15
铂 (Pt)	0
碳 (C)	3,0
铝 (Al)	3,5
Rod (Rh)	6,0
铜 (Cu)	6,5
金 (Au)	6,5
银 (Ag)	6,5
铁 (Fe)	19
镍铬合金 (80% Ni + 20% Cr) – nickel 80-20, chromium A	25
镍铬合金® (90% Ni + 10% Cr)	21,7
镍铝合金® (95% Ni + 2% Mn + 2% Al + 1% Si)	-17,3
铂铑合金 (90% Pt + 10% Rh)	1,4
Nicrosil (14.2% Cr + 1.4%Si + Ni)	29,3
Nisil (4.4% Si + 0.1%Mg + Ni)	-11

所选金属的塞贝克系数（与铂相关）

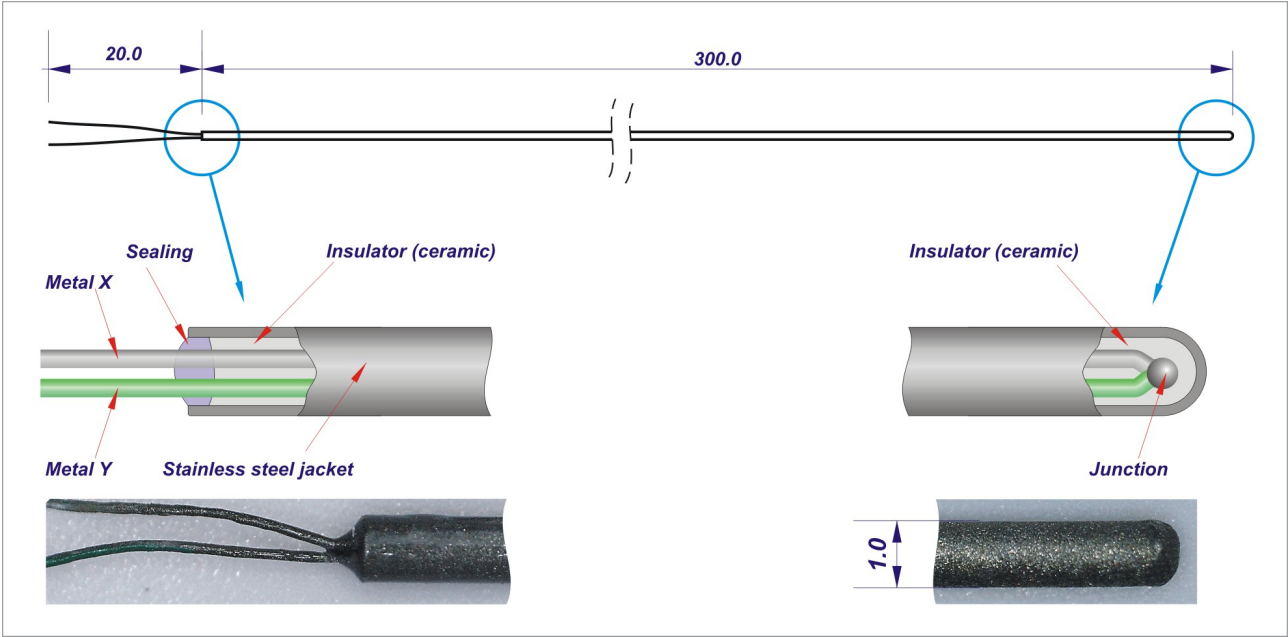
α 系数由温度决定（表格中系数值是在 0°C 的情况下）。热电偶反应信号时非线性的。从此表格中，通过从热电偶材料中减去 α 系数，我们可以估计用材料 X 和 Y 做的热电偶的常数。比如，NiCr-Ni 热电偶是由镍铬铁合金和镍组成，有如下的系数：

$$\alpha_x - \alpha_y = 25\mu\text{V/K} - (-15\mu\text{V/K}) \approx 40\mu\text{V/K}$$

热电偶传感器的构造

热电偶是由两根电线：金属（合金）X 和金属（合金）Y 在一端结合（焊接）。然后这一对电线用金属外壳紧紧的覆盖在一个电绝缘体上并在末端焊接上。最终它就像一个金属线，一端是光滑的，另一端是两根细线 X 和 Y。

下图是 K 型热电偶典型的结构图。传感器有着 1mm 直径以及 300mm 长的金属外壳。两端都放大并如图所示。



一个典型的热电偶传感器的构造

热电偶类型

下图就工业中最流行的热电偶的类型进行了对比。有颜色的是马杜分析仪中所使用到的。

类型	材质 X	材质 Y	$\mu\text{V/K}$	最小工作温度 [°C]	最大工作温度 [°C]
E	镍铬合金	铜镍合金	60	-200	900
J	铁	铜镍合金	51	0	750
T	铜	铜镍合金	40	-250	350
K	镍铬合金	镍铝金	40	-200	1250
N	Nicrosil	Nisil	38	-270	1300
S	90% Pt + 10% Rh	Pt	11	0	1400
B	70% Pt + 30% Rh	94% Pt + 6% Rh	8	0	1700
R	87% Pt + 13% Rh	Pt	12	0	1450

最流行的热电偶的基本参数

如图所示，热电偶的最基本参数就是其敏感性和工作温度量程。

补偿线，插口，连接器

实际中，每一个电热偶必须连接到测量电路。如果这个连接线是铜的，则会产生另一个电热偶连接（铜 / 金属 X 和铜 / 金属 Y）。这样的情况会影响到温度的测量。为了避免这样的情况，我们必须使用特殊的缆线（补偿线），补偿线的线都由不同金属制作，要不然与热电偶上的金属 X 和 Y 相同，或有着相同的热电特性。插口，连接器也是同理。

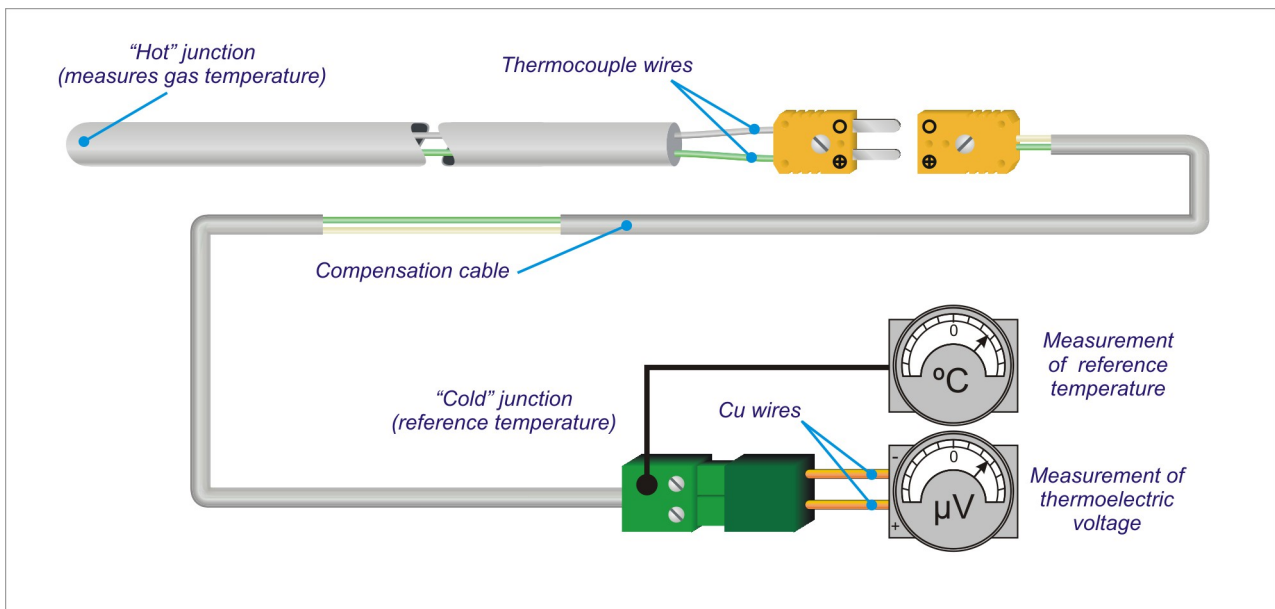
对于所有可供选择的热电偶类型，必须使用合适的补偿线，以及插口和连接器。每一个缆线，接口，连接器都是用颜色分类，为了使它们可以和合适的热电偶类型相配。马杜分析仪热电偶配件的颜色分类如下图所示：

热电偶的类型	连接器的颜色	补偿电缆的颜色
K 型		
S 型		

所选类型的热电偶所配备的补偿线连接器的颜色

实际测量电路图

下图展示了热电偶传感器在实际中是如何使用的。补偿线与铜线连接处被称为参考连接。实际上，每根线有两个连接。为了测量的准确性，为参考连接提供相同的温度尤其重要。



实际中热电偶的温度测量

热电偶传感器的优点

- 构造简单。
- 在不同的单位之间较好的电信号重复性。
- 小尺寸，促使它具备较小的惯性和热容。
- 温度测量较大的量程。
- 可靠性和耐久性。
- 热电偶产生激活信号（电压）并可无需电源工作；小的阻抗，这样对电磁噪声有着更好的阻力。
- 低生产成本。

热电偶传感器的缺点

- 热电偶测量金属之间的两个连接处的不同-为了得知热接点的温度必须知道冷接点的温度。
- 需使用特别补偿线。
- 电信号为非线性。
- 生产贵金属热电偶的成本较高（如，铂铑合金）