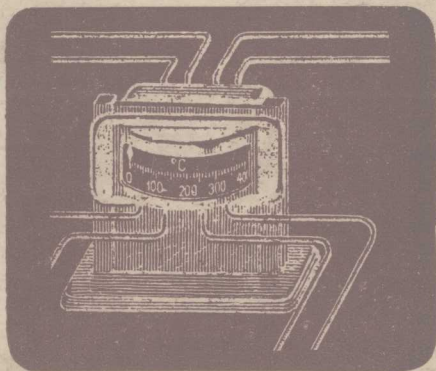


裘烈鈞編著

高溫計的構造和使用





工 業 技 術

*

編著者：裘烈鈞 文字編輯：楊溥泉 責任校對：倪熙忠

1954年3月發排 1954年5月初版 0,001—8,000 冊
書號 0513-8-152 $31 \times 43 \frac{1}{32}$ 21 千字 15 印刷頁 定價 1,400 元(丙)

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

新華書店發行

出版者的話

祖國正在進行着大規模的經濟建設，大量的新工人將要不斷地參加到工業建設中來，同時現有的技術工人，由於在舊社會沒有學習的機會，經驗雖豐富，但理論水平較低。爲了使新工人能够很快地掌握技術的基本知識，並使現有工人也能把實際經驗提高到理論上來，因此，我們出版了〔機械工人活葉學習材料〕。

這套活葉學習材料是以機器工廠裏的鑄、鍛、車、鉗、銑、鉋、熱處理、鉚、焊等工種的工人爲對象的。每一小冊只講一個具體的題目，根據八級工資制各工種各級工人所應知應會的技術知識範圍，分成程度不同的〔活葉〕出版。

本書講解高溫計的構造和使用。對於高溫計的種類、構造、使用和它們的優缺點等，都作了扼要的敘述。內容具體而淺顯，可作爲鑄造車間和熱處理車間工人同志學習的材料。

目 次

一	溫度計的概念	3
二	溫度計的種類	4
	1 膨脹溫度計——2 壓力計式溫度計——3 電阻溫度計——	
	4 輻射能高溫計	
三	熱電偶高溫計	5
	1 熱電偶原理——2 熱電偶的材料——3 熱電偶的裝置——	
	4 應用的方法——5 冷端溫度變化時的補償法——6 熱電偶	
	高溫計的適用地方——7 熱電偶的優缺點	
四	輻射高溫計和光高溫計	17
	1 輻射高溫計的原理——2 輻射高溫計的構造和使用——	
	3 光高溫計的原理——4 光高溫計的構造和使用——5 光高	
	溫計和輻射高溫計的使用地方——6 光高溫計和輻射高溫計	
	的校正	

高溫計是一種很重要的測量溫度用的儀器，比方說：要測量出加熱爐或鍊鋼爐內的溫度，就必須採用它，假使說我們沒有掌握好熱加工機件的溫度，就無法得到要求的硬度，同時更不能把鋼鍊得很合乎於標準。

一 溫度計的概念

我們人類對於冷熱的概念，最初是憑人的身體感覺而來。僅僅是靠了我們手脚的感覺，來識別冷熱的程度，這樣所得到的結果，是十分不可靠的，因為各人對於冷熱的感覺不能完全相同。就是同一人，他也常常因為由於天氣冷熱的變化，因此對物體的冷熱感覺程度就會不同。假使我們要使得冷熱程度有了可靠的結果，就必須定出一個客觀的標準。

但是以什麼東西來作為冷熱的標準呢？我們人類經過了長期的觀察和感覺，經過無數次的試驗，發現在我們日常生活中，有許多物質各俱有一定的特性；比方說：有些物質受熱以後就會膨脹，因此凡是受熱會膨脹的物體，不管是液體或氣體，都可以拿來製造溫度計用的。還有一些物質，當二種不同的金屬，把它們二端連接起來在一端加熱時就會產生“電動勢”，這種電動勢的存在，就使得在金屬導體中產生電流。什麼叫做電動勢呢？我們用一比方來說明：電在電線中流過，好像水在水管中流動一樣（見圖 1），水能够由 A 處流到 B 處，因為 A 處壓力高於 B 處，電也是一樣的，它所以能够流過電線，就是因為電線一端的壓力比其他一端的電壓力大的緣故。我們知道水的壓力是由水泵所造成或水的深淺所造成，電

的壓力就是由電池或發電機而來，在高溫計中的電壓力，就是二導線一端受熱後所產生的熱電效應。這種電壓力有

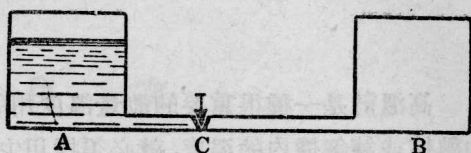


圖 1 水流原理。

促使電流流動的趨向，所以叫做電動勢。根據導線所產生的電流大小或電動勢大小，就可決定受熱端的溫度。

更有一些物質受熱之後會發出不同的光亮，放射出大小不同的能量，這些物質固有的性質都可以給我們利用它來製造各色各樣的溫度計。

二 溫度計的種類

1 膨脹溫度計 這種溫度計是利用物體受熱膨脹的性質製成的。它常用液體作為膨脹的介質。利用水銀製成的溫度計，叫做水銀溫度計，它的測量範圍可以從 -30°C 到 $+500^{\circ}\text{C}$ ，要量比較低的溫度時，可利用酒精溫度計，最低量到 -65°C 。

2 壓力計式溫度計 這種溫度計是利用密閉容器中的物質的壓力變化製成的。壓力式溫度計的原理是這樣的：當密閉容器內所盛的液體受熱時，液體本身因溫度升高而膨脹，使得密閉容器內的氣體受到壓縮而產生了壓力。壓力的大小是隨着溫度的改變。它的使用範圍可以從 -50°C 到 500°C 。

3 電阻溫度計 這種溫度計是利用導線的電阻的變化製成的。什麼叫做電阻呢？電阻就是電流通過導線時，導線對通過的電流產生了阻礙力，電路上的電阻就好比在水管的水流通時所產生的摩擦力一樣。電路中電阻的大小是跟電線的粗細、長短、溫度和

質料而各不同等都有關係的，正好像水管的摩擦力也隨水管的粗細、長短、形狀及溫度的不同一樣。從上面的一些道理中，我們知道導線受熱以後溫度升高，導線的電阻就隨着溫度發生變化。用電阻測量器量得電阻的變化，就可找出熱物體的溫度，它的應用範圍可以從 -200°C 到 $+500^{\circ}\text{C}$ 。

4 輻射能高溫計 這種溫度計是利用熱物體的輻射能力製成的。輻射溫度計有下列兩種：

一、局部輻射高溫計（光高溫計），是根據熱物體的亮度來量物體溫度的。

二、全輻射高溫計（輻射高溫計），是根據熱物體的輻射熱效應來測量溫度的。

這兩種溫度計應用範圍可以從 $+700^{\circ}\text{C}$ 到 $+1800^{\circ}\text{C}$ 。

工業上一般用的高溫計，要求溫度較高，而且可在遠距離使用，並且可以自動記錄，所以常用的有下列三種。

三 熱電偶高溫計

1 熱電偶原理 人們利用了熱能生電的熱電效應，來測量高溫爐子和浴槽的溫度，它的基本道理，就是把二種金屬線 1 和 2 的兩端連接起來成爲一個環形（如圖 2 甲）。如果在它所接連的一端 H 上加熱，那末 H 端和 C 端的溫度就不相等，因此就產生了電動勢，所以在兩條金屬線中就有電流發生。這樣的組合就叫做熱電偶。如果 H 和 C 兩端的溫度相等，那末就不可能產生電動勢，H 和 C 兩端的溫度相差就愈大，那末所產生的電動勢也就愈大了，從這些道理上我們可以得出一個結論：熱電偶所產生的電動勢是根據兩個連接端的溫度相差大小來決定的。在溫度高的一端我們叫它爲熱

端，溫度低的一端叫它爲冷端。

如果我們把金屬線 2 剪斷，另外再用一根金屬線 3 把這剪斷的金屬線 2 連接起來（如圖 2 乙），那末 A 和 B 兩點就是金屬線 3 和金屬線 2 之間的連接點。如果 A 和 B 兩點的溫度相同，那末當 1 和 2 兩金屬線產生電動勢時，A B 線就沒有受到任何的影響，就好像 A B 線不接一樣的能產生電動勢。同樣的道理，我們可以把金屬線 3 換成一個電壓表，把這電壓表連接在金屬線 2 之間；如果電表的兩個連接點溫度相等，那末電表的存在對於

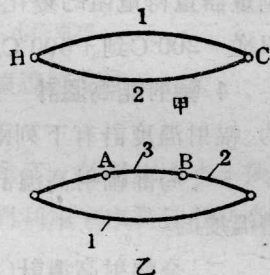


圖 2 熱電偶的原理。

金屬線 1、2 所產生的電動勢也沒有影響。電動勢的大小就可以從電表中讀出來；同時遇有兩條金屬線的連接點 H 和 C 溫度相差一定的話，就會產生一定的電動勢，因此可從電表上讀出所產生的電動勢和冷熱兩端的溫度差，如果能夠保持冷端的溫度不變，那末就可以利用它來比較不同熱物體的溫度。所以熱電偶高溫計就是利用這個原理製成的。

如果我們把金屬線 1 和 2 的材料換了，那末雖然兩連接點的溫度和前相同，但是它所能產生的電動勢却和前面不同，從這些事實看來，金屬線在連接端受熱後產生的電動勢，不但和溫度差有密切關係，而且和金屬導線的材料也有關係，所以熱電偶的材料也必須很好選擇。電壓計可用微伏特計，因為在金屬導線中產生的電動勢比較小，用微伏特計就可量得準確。微伏特計上可以直接刻着溫度表，讀數方便，由熱電偶和微伏特計的組合的溫度計我們叫它爲熱電偶高溫計。

前面說過，由金屬導線中產生出來的電動勢就可知道冷熱兩端的溫度差，假使能够保持冷端溫度不變，或者冷端溫度保持零度，那末就可以用作各種熱物體的溫度比較。我們所用的電表上面所刻的溫度數，這個溫度數是利用固定冷端溫度，或冷端溫度為零度的，然後變更熱端溫度得出來的，所以每一個熱電偶的電表，就有它一定的冷端溫度，使用時符合這個電表的冷端溫度才是準確。但在實際應用上，熱端是放在被測量的熱物體中，如高溫爐子中，它是隨着熱物體的溫度而變的。冷端用作連接電表，但是冷端溫度往往因使用地方不同，例如靠近爐子，或在氣候較熱的地方使用；這樣一來電表上的刻度的冷端溫度和使用處的冷端溫度不同，因此電表讀數就不準確。所以在使用熱電偶高溫計時，就要使得冷端溫度和電表刻度中的冷端溫度相等。通常另有一種設備附加於熱電偶中，它能把冷端溫度變成電表刻度中的冷端溫度，或者能補償電表讀數，這種辦法就叫做[補償]。最常用的冷端溫度補償法，就是把熱電偶的冷端，另外再接上兩條導線，這樣就好像把熱電偶延長了，所以就可以把延長了的冷端任意放在一個溫度不變的地方，或埋在地下或放在等溫箱中，這樣電表的讀數就比較準確了。這種外加的補償導線就叫做[補償線]。然後再用銅線和微伏特計相連，連接情形如圖 3 所示。

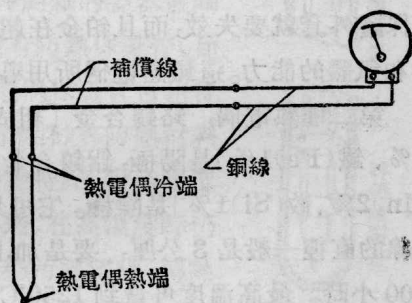


圖 3 熱電偶及補償線連接圖。

2 熱電偶的材料 熱電偶導線材料，對產生電動勢的大小影

響很大,而且常常要放在高溫中工作,所以必須滿足下列要求:有最高的導電性,不易氧化;電阻溫度係數比較小,放在強烈的溫度中它的物理性質能够保持不變,保證熱電偶能產生足夠的電動勢,電動勢的大小隨着溫度的變化必須要均勻。根據這些要求,常用熱電偶有下面四種(按蘇聯國家標準 ГОСТ 3044-45)。

熱 電 偶 導 體 材 料	分 度 表 示 符 號
鉑鎢合金 — 鉑	ПП
鉻鎳合金 — 鋁鎳合金	ХА
鉻鎳合金 — 銅鎳合金	ХК
鐵 — 銅鎳合金	ЖК
所有這些分度都以自由端為0°C時計算。	

第一種熱電偶,鉑鎢合金是陽極,鉑是陰極(鉑鎢合金成分含有90%鉑和10%鎢),它可以測量的最高溫度是1600°C,但實際上測量的溫度不能超過1300°C;因為當溫度高於1300°C時,熱電偶保護外套就要失效,而且鉑金在超過1300°C時就有吸收金屬蒸汽和氣體的能力。這類熱電偶所用導線的直徑是0.5公厘。

第二種熱電偶,鉻鎳合金〔組成成分含鎳(Ni)89%、鉻(Cr)10%、鐵(Fe)1%〕是陽極,鋁鎳合金〔含有鎳95%、鋁(Al)2%、錳(Mn)2%、矽(Si)1%〕是陰極。它可以應用的最高溫度為1100°C。導線的直徑一般是3公厘,要是加上防熱保護外套,可以使用到2000小時。最高溫度可量到1250°C,但是這時熱電偶的堅固性就急劇減低了。

第三種熱電偶,鉻鎳合金是陽極,銅鎳合金是陰極,它是由43~44%鎳和57~56%鉻組成的,最高溫度可測得800°C,但在實際使用上只能測到600°C,導線直徑從1.3到3公厘。

第四種熱電偶，以鐵作為陽極，銅鎳合金作為陰極，這種熱電偶的應用範圍和所用導線尺寸，和第三種熱電偶相同。這兩種溫度計可以互相替代，鐵——銅鎳合金熱電偶價格較便宜。

補償線的作用在前面已經提過一下，主要的要求是在溫度到 100°C 時，它所產生的電動勢，和相連接的熱電偶導線所產生的電動勢相同。通常用於鉻鎳合金——銅鎳合金，和鐵——銅鎳合金熱電偶的補償線，是和熱電偶同樣材料做成。用作鉻鎳合金——鉻鎳合金熱電偶的補償線由銅和康銅合金（含有鎳40%和銅(Cu)60%）製成，用作鉑鎳合金——鉑熱電偶的補償線由銅和合金TΠ（銅99.4%和鎳0.6%）製成。

3 熱電偶的裝置 熱電偶導線端點應該用氧炔還原焰熔接，氫氧炔容易使材料變成脆弱，所以就不太適用，要是電偶線很細，那末就要用直流炭弧熔接。電偶線上套着許多小段的細的瓷器或陶器的小管作為絕緣體，電偶外還有防熱保護管（如圖4）。工作在 1000°C 中的熱電偶保護管可用特殊鋼製成，最高溫度可用人造金剛砂等防熱材料製成。防熱材料必須具有下列幾種特點：耐高溫和激烈的溫度變化，氣體不能滲透，在高溫度時仍保持相當強度，不容易揮發以免染污熱電偶，傳熱要迅速。

4 應用的方法 測量溫度除溫度發信器（熱電偶）以外，還要有指示溫度用的溫度指示器，例如：微伏特計，電流計等。它的使用方法分述如下：

一、電流法（電壓表法），全部線路如第2圖的樣子，它的溫度



圖4 熱電偶的裝置。

指示計是微伏特計。在熱處理車間中最常用的微伏特計如圖 6 所示的 $\Pi\Gamma Y$ 式的指示微伏特計，這種微伏特計也有兩種式樣，一種是固定型的，可以固定地安裝在表板或牆壁上；另一種是可以自由攜帶的。圖 5 是蘇聯 $M\Pi B-46$ 型的指示溫度微伏特計，這種指示溫度微伏特計的構造如圖 5 所示，1 是永久磁鐵，永久磁鐵的兩端固接着圓筒形的孔腔的極掌 2，這孔腔包圍着固定的圓筒形鐵芯 3。極掌和鐵芯用軟磁性材料製成，和永久性磁鐵不同。極掌和鐵芯的作用，是保證使極掌中通出來的磁力線的方向集中向着圓筒形孔腔中心，使極掌和鐵芯間的環形空隙中的磁力線分佈均勻。

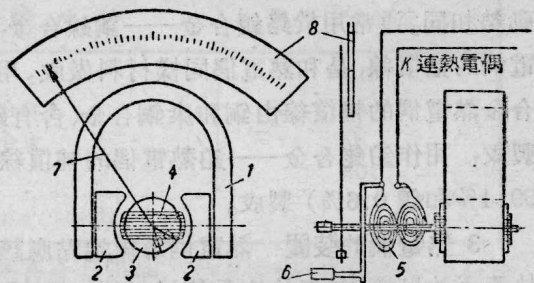


圖 5 微伏特計作用圖。

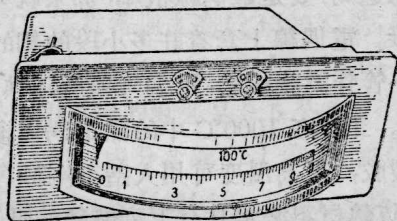


圖 6 $\Pi\Gamma Y$ 式的指示微伏特計。

這空隙的寬度不超過 2 公厘，活動線圈 4 自由的包圍着鐵芯，並且可以在這環形空隙裏偏轉。活動線圈是用直徑 0.03~0.2 公厘的細絕緣銅線或鋁線繞成長方形的小框子。線圈 4 的轉動軸是兩個半軸，半軸的尖端固定在儀表上，軸上連有指針 7，指針尖端在刻度尺 8 上移動，指針 7 是反抗重物 9 所平衡。由熱電偶來的電流，由導線通到兩個螺旋彈簧 5（俗稱游絲），這兩彈簧盤絡方向相反。

兩個彈簧的各一端固定在軸上。裏面彈簧的另一端固定在儀表上的支架板，外面彈簧的一端是鉚在指針校正器 6 上，指針校正器，就可以使指針轉動到任意一個角度，用作校正指針的零點位置。電流由導線通入游絲，再經過活動線圈由另一游絲回到導線。當電流通過導線時，線圈受電磁作用，產生磁場，這一個磁場和極掌中出來在空氣隙裏的磁場互相作用，結果使活動線圈產生一轉矩，因此使儀器指針 8 沿着分度轉動。從這裏我們知道線圈的轉動角度跟熱電偶電動勢成正比，跟高溫計電路中的阻力成反比。

二、電位法，爲了要使測量出來的溫度更準確，那末就要利用電位法。使用電位法是跟電壓表法是有分別的，電壓表測量法是根據在熱電偶電路中所發生電流的大小，而決定出電動勢的大小的。電位法實際上是測量熱電偶所產生的電動勢被另一加入電路中的電源所產生的電動勢所平衡的數值。外加電源的電動勢的數值跟熱電偶產生的電動勢相等，但是他們的方向是相反。在用電壓表法測量時，連接的導線跟接線的點都有一定的阻力，這些電阻對測量的溫度加入了一定的誤差。但電位法是講平衡的，那就沒有阻力的影響，所以得出溫度讀數是十分準確的，它的最大誤差也不會超過 $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 。圖 7 是電位法的原理和示意圖。

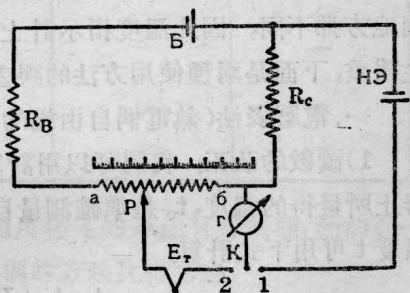


圖 7 電位法原理圖(一)。

電位法電路中；有電池 B (通常用乾電池)，電阻線 a6，在 a6 的電阻線上配備有可滑動的接觸點 P，用來調整電阻 R_a ， R_c 的電阻

是不變的，指零電流計 Γ ，標準電池 $H\Theta$ ，標準電池就是有一定不變的電動勢。應用時連接開關 K 到 1，調整阻力 R_s ，使得電路中沒有電流流過，就是電流表的指針停止在中間的零位置。然後打開 K 和 1 連接 K 到 2，這樣熱電偶 E_r 所產生的電流跟從乾電池 B 中所產生的電流就會相碰到，二種電流具有一定的大小，所以電路內就有電流通過，電流計指針就要偏轉成一角度。然後移動阻力線 a_6 的滑動接觸點，調整電路中的電阻使得電流計的指針又回到零的位置。這樣由電池來的電流被熱電偶的電流所平衡，也就是熱電偶的電動勢等於電池所有的電動勢。根據滑動接觸點在阻力線上所移動的距離，就可求出當時熱電偶的電動勢的大小，因此溫度也就可以求出來了。阻力線的一段長度的大小，可用電動勢單位微伏特表示或者可直接用溫度來表示。

5 冷端溫度變化時的補償法 熱電偶的電動勢因為受到兩端的溫度不同而變化，但是在電表上的刻度，是表示熱端的溫度，所以冷端的溫度必須保持一定的溫度。在實際應用時，冷端溫度在各個地方都不同，因此溫度指示計上的讀數就不是熱端的溫度而產生誤差，下面是兩種使用方法的誤差補償法。

一、電壓表法(熱電偶自由端的補償)：

1) 讀數的改正：我們可以用計算的方法來改正，假設 t_1 是儀器上所量得的溫度， t_0 是準確測量自由端所得的溫度，那末真正的溫度 t 可用下式計算：

$$t = t_1 + Kt_0$$

假使熱電偶自由端的溫度 t_2 ，不是從零度算起，那末上面這個公式應該改成： $t = t_1 + K(t_0 - t_2)$ 。式中 K 是溫度改正係數，各種熱電偶的 K 值見表 1。溫度讀數的改正的方法也可以用經驗公式來計算：

鉑銻合金——鉑熱電偶, $t=t_1+0.5t_0$ 。

鉻鎳合金——鉻鎳合金熱電偶, $t=t_1+t_0$ 。

鉻鎳合金——銅鎳合金熱電偶, $t=t_1+0.8t_0$ 。

表 1 熱電偶自由端的讀數校正係數K

被測溫度範圍	熱電偶 K 值		
	III	XA	XK
0~100	1.00	1.00	1.00
100~200	0.82	1.02	0.90
200~300	0.72	1.01	0.84
300~400	0.69	0.98	0.81
400~500	0.66	0.97	0.80
500~600	0.63	0.96	0.78
600~700	0.62	0.97	0.79
700~800	0.60	0.98	0.80
800~900	0.59	1.01	—
900~1000	0.56	1.04	—
1000~1100	0.55	1.07	—
1100~1200	0.53	—	—
1200~1300	0.53	—	—
1300~1400	0.52	—	—
1400~1500	0.52	—	—
1500~1600	0.53	—	—

2) 冷端的溫度穩定: 冷端溫度穩定的方法有好幾種, 如前面一面所講的用補償導線延長熱電偶的方法比較普遍。

3) 自動補償法: 冷端自動補償法的種類很多, 但最常用的有螺線補償器: 不過用螺線補償器時必須先把冷端移到近電表處, 然後在電表內裝上兩種不同金屬製的螺旋線圈連接在電表指針機構上, 螺旋線的溫度和冷端溫度是相同的。但是當溫度變化時螺線金

屬發生膨脹，由於這兩種金屬不同，因此它的膨脹率也就不同了，這樣使得螺線展開或收縮，牽連指針於是可將因冷端溫度不合標準部分的誤差，自動的被螺線的作用所糾正。另一種是水銀補償器，這種補償器是在靠近冷端的線路內串聯一電阻，這電阻是放在一個水銀泡內(如圖 8)。當冷端溫度升高時，熱電偶電動勢降低，

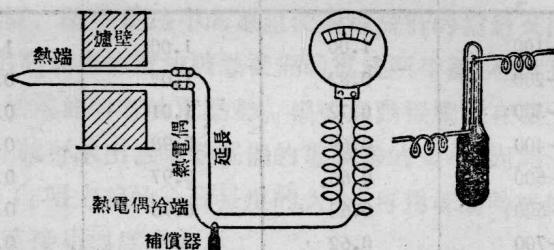


圖 8 冷端補償、補償線和水銀補償器。

這時水銀膨脹；使水銀泡內電阻線短路，減少了線路內的阻力，因此在電表上兩端的電位差又被糾正到準確的讀數。還有另一種是在熱電偶線路上放入一特殊金屬線路，外加一電源供應電流(如圖 9)，這是一個蘇聯出產的

KГ-08 式的補償線路圖，外加電源是一個減壓的裝置。特殊金屬補償線路放在一個自動補償盒內； T 是熱電偶， KT 是補償盒， MB 是微伏特計， R_{Ni} 是鎳

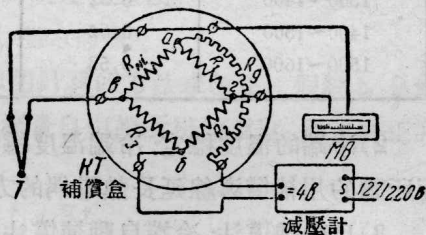


圖 9 冷端自動補償法。

電阻， R_1 、 R_2 、 R_3 是電橋的阻力臂， R_g 是可調整的外加電阻。在冷端溫度保持相當於電表的分度時，補償盒內的電動勢互相平衡，對整

個微伏特計的讀數沒有影響。當冷端溫度升高時，熱電偶電動勢降低而鎳電阻 R_{Ni} 因溫度升高而增加，補償盒內之電動勢平衡被破壞，外加電源供應電壓以致電表兩端的電位差得到補正。

二、電位表法(熱電偶補償)：圖 10 是電位表法熱電偶補償法，

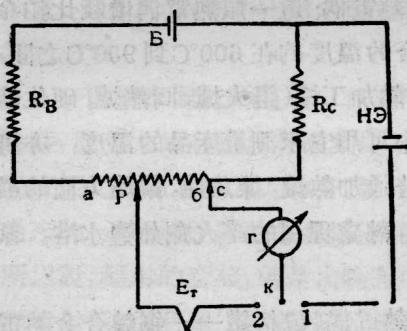


圖10 電位法原理圖(二)。

圖中的 c 點是一個可在電阻線 a6 上滑動的接觸點，當熱端溫度不變，而冷端溫度升高時，熱電偶電動勢降低，這時可使 P 點保持應有位置移動 c 點，亦可使 cP 兩點間的電位差跟熱電偶的電動勢成平衡，實際上常將 c 處的滑動，用定電阻 R_{Ni} 和 R_g 來代

替(如圖11)。 R_g 是定值電阻， R_{Ni} 是鎳電阻，它的電阻大小是隨着溫度而改變的，當冷端溫度發生改變時， R_{Ni} 電阻也隨着發生改變，這樣就可以自動的補償。其他還有電動的自動補償法，由於它的構造複雜，理論較深，所以不在這裏討論。

6 熱電偶高溫計的適用地方：

一、鉑鎳合金——鉑

熱電偶：因為受了鉑金價錢的高昂和保護外套堅固性的限制，所以

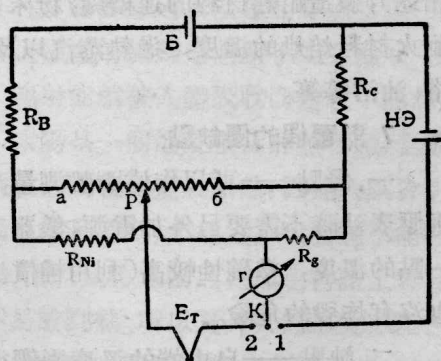


圖11 電位法原理圖(三)。