

微気象用熱電対について

第1図 熔接

荒井 哲 男

一般の物理の参考書等では熱電対に関する記述は主に炉の測温等の工業用のものについてであり実際の作製や使用上の細いことは省略されているため、初めて熱電対を使いたい人は要領を得ないようであるので、微気象用の熱電対の作製と使用に関することを取まとめて見た。常識的な事のら列に過ぎないがいくらか参考になれば幸と思い記述する。

まず熱電対とはいかなるものかと云うと異種の金属線を環状に接合して作った回路の二つの接合点の温度が異ると起電力が起ることを利用した温度計で、いいかえれば二種の金属線で回路を作り一方の接合点を熱すると回路中に電流が生ずるから、この回路中で電流または電圧を計り温度差を知る。この熱電流を生ずる二つの金属の組合せを熱電対という。

さて前述の如く如何なる金属線を組合せても熱電対を作ることが出来る訳であるが起電力が大きく温度差と起電力が直線的な関係にあり、価が安く細工が易いために微気象用としてはもっぱら銅とコンスタンタンが用いられる。銅—コンスタンタン熱電対の起電力は温度差 1°C につき約 $42\mu\text{V}$ である。

コンスタンタンは銅 60 乃至 45 %ニッケル 40 乃至 55 %の合金である。

普通に用いられる線は直径 0.1 乃至 0.3 mm 位である。微気象用として用いられる場合は次の二つに大別できる。第一は普通の温度計で測温出来る記録を遠隔測定或は数ヶ所を同時に記録するために用いられるもので、第二は普通の温度計で測れない熱容量の小さい葉面温度とか水滴の温度の測定或は小範囲の温度分布とか温度の微細な変化の測定に用いられるものである。

前者では線も太く接合点もハンダで大きく付けてよいが後者は目的に合うような細い線で接合点は小さくしなければならぬ。

目的に適する太さの線を選び適当な長さに切り接合点はハンダ付け又は溶接する。簡単には両端を強くよじり合せただけでもよいがこの場合には接合点の接触抵抗が変化するために電流の大きさが変わるおそれがある。

ハンダ付けは両線の先端を少し平にたたいてごく小さなハンダを其間にはさみ薄い金属板でおさえてその上からハンダコテを当てる。塩酸やペーストを用いると酸と金属で電池となり熱起電力を妨害するおそれがあるから

松脂を用いるとよい。又ごく細い線にはハンダは融点が高過ぎるからウッド合金(錫 1, カドミニウム 1, 鉛 2, ビスマス 4, 融点 73°C)を用いるとよい。砂皿の上にガラス板をおきその上に接合部をのせウッド合金の切りくずとチノールをかぶせて下から加熱する。溶接は電気溶接がよいがアルコールランプでも簡単に溶接出来る。両手に各線を持って先づコンスタンタンの先端を焰の端の方でしゃく熱してから銅の先端をしゃく熱し溶けて玉になりかかる少し前のところで、す速く両線の先端をくっつけて焰の外に出す。熱し過ぎると切れ易く熱し足りないで離れてしまう。

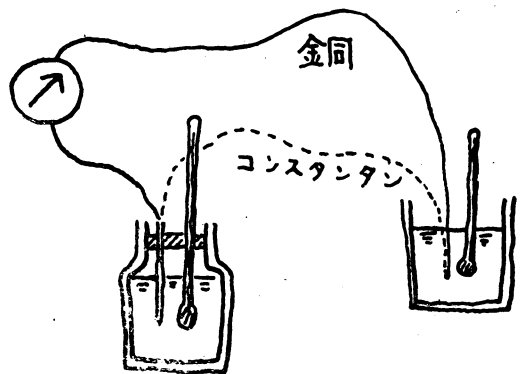
0.3 m 位の線は 2×3 cm 位の薄い銅板 2 枚の間に両線をはさんでその先端を 1 cm 位出し図の如くよじり合せてランプの焰の中に入れる。(第1図)

こうすれば線から銅板への熱伝導により手前が焼き切れることがない。銅板から接点までの距離が短いと溶接しない、長過ぎると手前が焼き切れる。

市販の洋銀で接合したものを保護管に入れたものは高温用のためで気象では必要はないが冷接点の中で他の熱電対と電流のリークの生ずる様な回路のときは之をガラス管等に封入する。

線はエナメル塗絹巻等がよい、裸線のときは途中でたんらくすることのない様紙テープに貼付けるとよい。細い線の場合夜間等は特に便利である。

さて両接点ができると図の如く一方の接点をマホー瓶等一定温度の中に挿入し他方を測るべきところにおく訳であるが先づ温度差と起電力の関係を検定してから始めて熱電対として使用できる。(第2図)



第2図 検定

計器については後で述べることにして検定はできるだけ安定な状態で行うこと、すなわち検定中マホー瓶は勿論一方の容器も温度変化がないよう又他からの輻射の影響を受けないこと、導線が途中でたんだり過熱されたりしていないことに留意する。はじめに両接点をマホー瓶の中に入れて零点を決める。次に 500 cc 以上位の容器に水又は油を入れ一定温度を保ちこれに測温点を入れて計器の読みをとる。温度を変えて数点以上行ってマホー瓶との温度差と計器の読みとのグラフをかく。

検定には特に温度計と熱電対の熱容量が異なるから両者の示度が一致するために容器内は数分位は一定温度を保つこと、また輻射熱に対して両者の吸収が異なるから球部へ他からの輻射が当たらないようにする。計器は

1) 電位差計 (Potentiometer) を用いて起電力を測定する。

2) 電流計 (Galvanometer) を用いて電流を測定する。

(1) の方法による自記記録計も使われつつあるが、測定が面倒なためほとんど (2) の方法によっている。

(2) の方法では回路の抵抗を一定に保たなければならないので導線の温度による抵抗の変化を無視出来るよう 500~1000 Ω 位の抵抗を直列に入れるとよい。

電流計は鏡檢流計で感度 10^{-6} ~ 10^{-8} 位のものがよい。読取りは望遠鏡又はランプスケールによる。感度は幾分悪いが横河 H2-L 型は簡便である。記録は豆ランプを安全カミソリの刃 2 枚でスリットを作り光源とし自記時計の内部にカウンターバランスとしてハンダの塊を付けて箱内に横に取付ける。箱の側面に 1 cm 位の幅で自記時計の長さの穴をあけ、その中にガラス棒をはめ込んでシリンダリカルレンズとし丁度自記時計の面に黒点がある様にする。自記時計にプロマイド紙を巻けば記録が得られる。プロマイドは普通の写真には使用出来ないような古いものでも現像液にプロムカリを 5~10 倍位入れ温度 17 度位で現像すると良い記録が得られる。

電流計の懸吊部分は一種のよじり振子であるからその運動は

$$p \frac{d^2\theta}{dt^2} + k \frac{d\theta}{dt} + \tau\theta = CI$$

ここに

p : 懸吊部分の吊線のまわりの慣性率

k : 制動係数

τ : 吊線を単位角よじるとき生ずる反抗トルク

I : 電流

C : 電流による電磁モーメント

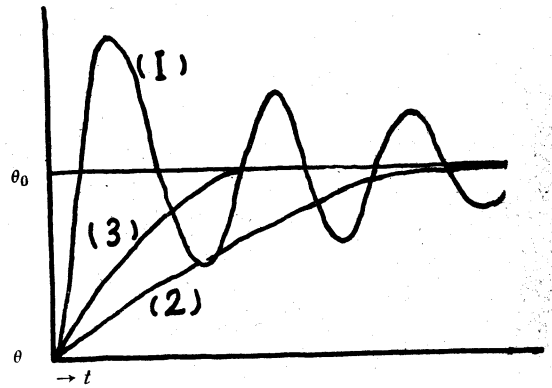
この方程式は

1. $\frac{\tau}{p} > \frac{k^2}{4p^2}$ では減衰振動
2. $\frac{\tau}{p} < \frac{k^2}{4p^2}$ では平衡位置に漸近する非週期運動

$$3. \frac{\tau}{p} = \frac{k^2}{4p^2} \quad \text{では最も速く平衡状態に達する非週期運動}$$

3 の状態を臨界制動状態と云う。

電流計のコイルの回路を適当な大いさの抵抗によって閉ぢコイルが運動するとき生ずる誘起電流の電磁制動が



第3図 懸吊部分の運動

丁度その運動の臨界制動の状態とするときの回路に入れる抵抗を臨界制動抵抗という。(第3図)

今電流計の懸吊部分を手でわずかに θ だけ動かして放すと平衡位置 θ_0 に達するのに鏡は図の (1) のごとき振動をする。次に電流計の回路を閉ぢて同じ様にすると 2 のごとく振動する。回路に熱電対を入れた場合には 1 と 2 の間の振動となるが、さらに適当な抵抗を入れて週期運動と非週期運動の境のところを見付ける。これが臨界制動状態でこのときの抵抗を回路に入れて検定や測温をする。

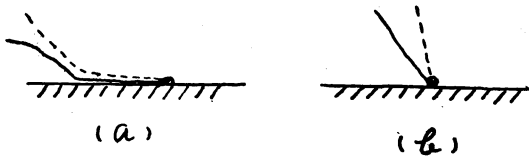
もし電流が大き過ぎてスケールアウトする場合にはシャントを入れるが、この場合にはさらに臨界制動状態を調べる。また異った線をシャントに使うとさらにこの接合点が熱電対となり起電力が生ずるから注意を要する。

回路の検査をする場合などのため前に述べた以外の注意事項を列挙して見ると

1. 接点が全部同一温度ならば起電力は零である。
2. 回路の一部に他の金属を挿入してもその金属の両端の温度が同じならば起電力に変化はない。
3. 温度差が同じのときの起電力は両金属の接触面の大きにかかわらず金属の種類による。
4. 同種類の線でも純度、合金の割合、熱処理の方法などのちがいに起電力が異り、また同じ銅線でも異った太さのものをつないだ場合など接合点に起電力を生ずることがある。
5. 水銀温度計とは熱容量が異なるから半減期が小さく輻射線の吸収率が異なるため双方の示度の比較は注意を要する。
6. 線は細いから折り曲げたりよちったりすると断線するおそれがある。
7. 冷接点がマホー瓶の中で液面上まで引ぬけている

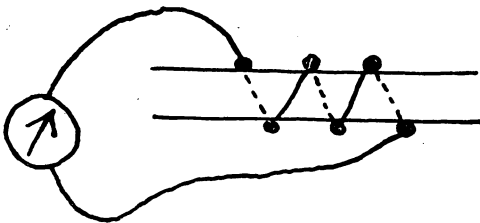
ことがある。

- 8. 弱電では接触抵抗が大きくなるから線の継ぎ目切換スイッチ等は十分気をつける。



第4図 表面温度測定

- 9. 測温に際して導線からの熱傳導のない様に留意する。たとえば表面温度を測定するとき図のbのごとくせずaのごとくする。(第4図)
- 10. 野外の測温等冷接点は温度変化を少くするため気温に近い水がよい。又半日以上の連続記録等は完



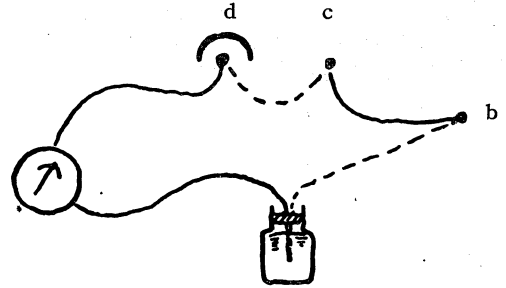
第5図 示差熱電対

全なマホー瓶のないときは冷接点を地中に埋めるとよい。

なおある場合には注射針に熱電対を入れると便利なことがある。

次に二三の応用例を述べると

示差熱電対——二点の温度を比較する場合には冷接点



第6図 日射の影響を防ぐ方法(高須)

をマホー瓶に入れず他の一点におけばよい、たとえば物体の表裏の温度差を測る場合一方の接点を表面へ他方を裏面に密着する、さらに第5図のごとく接点の数をn倍にすれば起電力もn倍となる。この場合には導線の熱傳導により差が小さくならないよう注意を要する。

日射の影響を防ぐ方法——京大高須教授は直射日光下の測温に第6図のごとくさらにc、d接点を作って一方をカバーしてb点の日射の影響をなくする方法を考案せられた。(農業氣象7巻3号)

きわめて薄い熱電対を作る方法——よく磨いた鋼の板の表面に半分を、たとえばニッケルメッキ残りの半分を銀メッキとする。これを安全カミソリの刃でメッキの部分をはぐときわめて薄いニッケルと銀の熱電対が得られる。(氣象集誌第2輯10巻昭7. p. 608)

(中央氣象台研修所)

書評

冷害は避けられないか
 —昭和29年の異常低温報告—
 中央氣象台職員組合編集発行
 頒価 50円(印刷料実費)

大正7年の米騒動のとき、私は小学生だった。深夜、タイマツを手にした人々が“大きな家は燃やしつちまえ”と叫びながら街々をなだれ歩いた光景が私の眼に焼きついている。今夏のはじめに異常低温がつづいたとき、私の頭に浮かんだのもこの光景であった、秋か暮にはおなじことが起るのではないかと私は懸念した。

“この報告を作成した第一の動機は、現場で働く人たちが……今年の今までの氣象の異常がただごとでないと感じ、この状況を広く知らせる必要があると考えたからです……”(p. 42)。この言葉がどれほど貴重であるかは、ビキニの水爆実験以来、放射能雨、黄変米、異常低温という国民的災害を予想されるほどの大異常に対しても警鐘が十分に鳴らされず、甘い十二章もの、山や海への行樂、スポーツなどに国民の眼がそらされている現状を見ただけでもわかる。この本の内容は、異常低温に対する専門家のあらゆる角度からの研究を簡潔にまとめ

あげたものである。その点では足りないものはないといえるが、愆をいえば異常低温がはっきり測定されたときの現場の人の心の動きをもっと卒直に表明してほしい。それこそがこの本を計画し、刊行させた原動力と考えられる。また“われわれは何をなすべきか”……“政治が悪い”という言葉も、たとえば北方定点の廃止をめぐる氣象台関係者と政府との折衝のよろず、これを守るための努力、それと冷害との関係などのくわしい説明など、当面する諸問題ではっきり具体化されたとき専門外の私たちをもっとつよく打つとも思われる。

異常低温が、のべられているようにビキニの水爆実験とも関係があるとすれば、これは人工の異変であり、今後くりかえしておこる危険のあるものである。ふたたび水爆実験の行われる日は、日本人の死滅の日である。警鐘はいくたび乱打されても、たりるといことはない。

全農林労組関係の『死の灰かぐら』という本と同じ頃にいただいた、偶然の一致ではあるまい、関係者の非常な努力に敬意を表すとともに、このような小冊子を必要としない平和の日が到来することを信じ、そのために努める決意をいっそう強固にされたことを感謝したい。

(Z)