



# 銹蝕与电鍍實驗室 工作指南

[苏]Г. Т. 巴赫瓦洛夫、А. В. 屠尔考夫斯卡婭著

沈嗣唐、余志英譯



机械工业出版社

本书詳尽地叙述锈蚀与电镀的实验室工作的理論与实践。书中共包括 26 个实验，对每一实验工作均有簡明的理論叙述并附有复习题。

本书可作为实验室工作人员用参考书，并可供高等专科学校或中等技术学校学生用作锈蚀与电镀的实验課教材。

Г. Т. Бахвалов, А. В. Турковская  
РУКОВОДСТВО К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ  
ПО КОРРОЗИИ И ГАЛЬВАНОСТЕГИИ

Металлургиздат 1952

(根据苏联黑色和有色冶金工业出版社一九五二年版译出)

\* \* \*

锈蚀与电镀实验室工作指南

[苏] Г. Т. 巴赫瓦洛夫 А. В. 屠尔考夫斯卡娅 著

沈嗣唐 余志英 译

\*

机械工业出版社出版 (北京苏州胡同 141 号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

\*

开本  $787 \times 1092 \frac{1}{32}$  · 印张  $6 \frac{2}{8}$  · 字数 132 千字

1958 年 3 月北京第一版 · 1964 年 9 月北京第二次印刷

印数 2,001—6,200 · 定价 1.00 元

\*

统一书号: 15033 · 876(1662)

# 目 次

|          |   |
|----------|---|
| 原序 ..... | 5 |
|----------|---|

## 第一篇 緒 論

|                            |    |
|----------------------------|----|
| I 設備和附屬裝置 .....            | 7  |
| II 試樣、電極及其表面的準備 .....      | 21 |
| III 金屬的電流效率。庫倫計 .....      | 27 |
| IV 原電池電動勢的測量及電極電位的計算 ..... | 33 |
| V 鍍層質量的檢驗 .....            | 44 |
| VI 電解液的檢驗 .....            | 55 |

## 第二篇 金屬銹蝕的實驗室工作

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| 實驗 1 測定鋼及銅合金在高溫時的銹蝕速度 .....                   | 68  |
| 實驗 2 各種因素對鍍有防護膜的鋁表面活性值的影響 .....               | 72  |
| 實驗 3 在各種電解液中的金屬電位 .....                       | 75  |
| 實驗 4 某些因素對微電池模型工作的影響（吹氣，陰極材料） .....           | 83  |
| 實驗 5 鋅與其他金屬相接觸時對其在 3% 硫酸溶液中銹蝕速度的影響 .....      | 89  |
| 實驗 6 溶液的導電性對防護體作用半徑的影響 .....                  | 95  |
| 實驗 7 陰極和陽極的表面大小及外電阻對於氧去極化作用的原電池的電流強度的影響 ..... | 100 |
| 實驗 8 根據氫的逸出量測定金屬的銹蝕速度 .....                   | 106 |
| 實驗 9 溶液的 pH 值與鎂合金腐蝕速度的關係 .....                | 112 |
| 實驗 10 黃銅的銹蝕性（季節性）破裂 .....                     | 117 |

### 第三篇 电镀实验室工作

|      |                                           |     |
|------|-------------------------------------------|-----|
| 实验11 | 镀液分散能力的测定 .....                           | 121 |
| 实验12 | 金属电极沉积时镀液的复盖能力的测定 .....                   | 128 |
| 实验13 | 铜镀层的孔隙度与其厚度的关系 .....                      | 131 |
| 实验14 | 氰化亚铜镀液内游离氰化物的浓度对铜的阴极电<br>流效率的影响 .....     | 136 |
| 实验15 | 在氰化亚铜镀液中阴极电流密度对铜的电流效率<br>的影响 .....        | 140 |
| 实验16 | 在镀铬用的镀液内温度与电流密度对铬的电流效<br>率的影响 .....       | 143 |
| 实验17 | 镀铬用电解液内所含硫酸的浓度对镀层质量的影<br>响 .....          | 148 |
| 实验18 | 电极沉积铜时的阴极极化作用 .....                       | 151 |
| 实验19 | 电解镍盐溶液时氯离子对镍阳极的极化作用的<br>影响 .....          | 156 |
| 实验20 | 镀锌用电解液中含铁杂质对镀层质量的影响 .....                 | 161 |
| 实验21 | 镀锌用电解液中所含表面活性剂对锌的沉积电位<br>与镀层质量的影响 .....   | 165 |
| 实验22 | 表面活性剂对电极沉积锡质量的影响 .....                    | 171 |
| 实验23 | 锡阳极的化学纯度对锡阳极在电解时的钝化作用<br>的影响 .....        | 175 |
| 实验24 | 电解工作规范与电解液中游离氰化物浓度对电<br>极沉积黄铜的成分的影响 ..... | 179 |
| 实验25 | 铝的氧化膜的防护性能与在硫酸溶液中阳极氧化<br>时间的关系 .....      | 185 |
| 实验26 | 磷酸盐处理的工作规范对磷酸盐薄膜质量的影响 .....               | 188 |
| 附录   | .....                                     | 195 |

## 原 序

在金屬防銹的理論和實際問題方面，已經有很多書籍，但可惜在這些書籍中很少有能作為組織金屬銹蝕及防護實際工作的參考書。作者的目的是想對這方面的缺陷稍加以彌補。

在編著本書時，作者利用了自己在莫斯科加里寧黃金及有色金屬學院多年來領導金屬銹蝕及防護工作和組織實驗室工作的經驗。

對於每一項實驗室工作，首先敘述與被研究的現象有關的一般理論知識，並列舉一些複習題及推薦的參考文獻。

在本書第一篇內，除說明設備及實驗室用品外，還敘述了電化學過程的基本特征的測定方法及電解液與鍍層的檢驗方法。第二篇包括金屬銹蝕的實驗室工作，而第三篇包括電鍍的實驗室工作。

第一篇及第三篇是巴赫瓦洛夫(Г. Т. Бахвалов)所寫；第二篇是屠爾考夫斯卡婭(А. В. Турковская)所寫。

技術科學博士契托夫(П. С. Титов)教授，技術科學博士拉依聶爾(В. И. Лайнер)教授，技術科學博士托馬召夫(Н. Д. Томашов)教授，化學科學副博士茹克(Н. П. Жук)及技術科學副博士切列浩夫(П. И. Терехов)等同志在審閱原稿時提供了寶貴的意見，作者謹向他們致以極大的謝意。

作 者



# 第一篇 緒論

## I 設備和附屬裝置

### 直流电源

进行电镀时，可用 6/12 和 9 伏的低压电动發电机，也可以用整流器(硒的，氧化銅的)或蓄電池作为电源。后两种直流电源在实验室实习中已经广泛地应用。

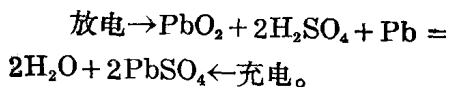
**硒整流器**(圖 1)用于自 220 伏、50 周交流电綫路饋电給电镀槽。硒整流器是由帶分段初級綫圈的降压变压器 *A* 及安装在專用托板上的硒整流垫圈 *B* 所組成的。整流器在它的接綫板上与交流饋电綫路接通。在所示 BCF-3B 型整流器的綫路圖中，接头用 8、10、12 数字表明。圖中还示明整流器与电压低于 220 伏的交流电綫路联接时的專用接头 14。

整流器須保証有 6 伏的直流电压。整流器的負荷以硒垫圈發热为限：其溫度不应超过 75°C。

交流电应在接通負荷后再与整流器接通。相反的，交流电应在負荷釋去之前切断。

在銹蝕及电镀实验室中电镀金屬，以及进行电化学研究(測量原電池的电动势及測量溶液的电导度)时，均采用鉛蓄電池作为直流电源。鉛蓄電池的作用，基于与硫酸溶液接触的鉛化合物的分解。当充电时，在蓄電池的陽極板上产生过氧化鉛，在陰極板上則产生海棉狀鉛。

在放电时,这两种化合物都变成硫酸鉛:



已充电的鉛蓄電池的电压应为 2.1 伏。在電池的工作过程中,电压最初慢慢下降到 1.9 伏,然后迅速降低。为避免蓄電池损坏,应该特别小心注意,电压不得低于 1.9 伏。

具有 1.7 伏电压的電池即認為是已經完全放电的。

蓄電池可具有不同的电容量: 40、60、80 及 80 安时以上。

蓄電池常制成 6.3~6.6 伏,制成 12 伏和 12 伏以上的較少。

蓄電池的充电电流(安)等于其电容量(以安時計)的 10%,到充电完畢,充电电流应减少到一半。

鹼蓄電池用于實驗室實習,其用途与鉛蓄電池相同,但是由于其重量甚輕,且不受輸出电流大小剧烈改变的影响,在許多情况下,它比鉛蓄電池具有更大的优点。

鹼蓄電池中的電極是浸于 25% 苛性鉀溶液中的鉄板和鎳板。

当蓄電池充电及放电时,電極的反应过程按下列方程式

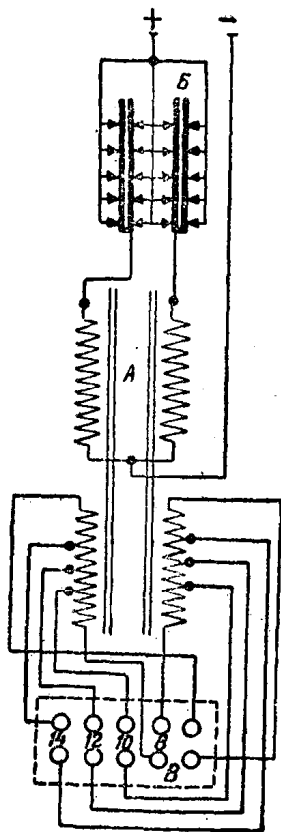
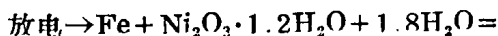


圖 1 BCT-3B 矽整

流器的線路圖:

A—帶有分段初級繞圈的降壓變壓器; B—矽整流整圈;  
B—接綫板。

进行:



已充电的蓄电池的标准电压是 1.1~1.2 伏。蓄电池可以完全放电而无变坏的危险。鹼蓄电池常由 24 个电池串联而成(总电压~25 伏), 电容量为 40~80 安时。

### 接通及切断电流的附属装置

**端鈕** 圖 2 为各种类型的端鈕(夾子)。端鈕 *a* 供联接导綫与导綫用; 开縫端鈕 *b* 及螺紋端鈕 *b* 与 *z* 都是联接导綫与电極用的。端鈕照例用黃銅制造; 穿引导綫的孔的直徑應該做得比螺釘体的直徑大一些。

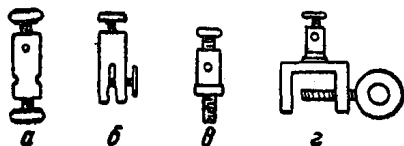


圖 2 各种类型的端鈕:  
*a*—联接端鈕; *b*—开縫端鈕;  
*b* 和 *z*—螺紋端鈕。

**电流开关** 在實驗室實習所用的各种类型开关中, 插銷形开关(圖 3)証明是最合用的。在長方形木塊 *B* 上固裝两个互不接触的黃銅片 *P*, 其間形成一个可插放錐形插銷 *III* 的插孔, 錐形插銷也用黃銅制成。

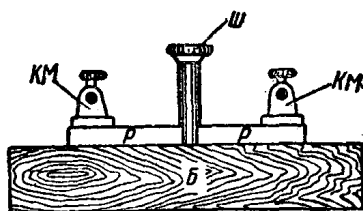


圖 3 插銷形电开关:  
*B*—木塊; *P*—黃銅片; *III*—錐形插銷; *KM*—端鈕。

黃銅片上各裝有端鈕 *KM*, 用以固紧导綫綫头。若插銷自插孔中拔出, 則电路便被切断。

**电流断續器** 在測量电池的电动勢以及其他許多情况

时,为了接通补偿电流的电路,均需采用电流断续器(圖4)。若按压按钮 $K$ ,由于两个端鈕 $KM$ 間形成接触,补偿电流的綫路即被接通。

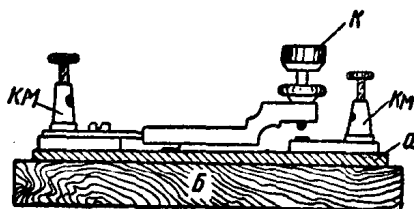


圖4 电流断续器:

$B$ —木座;  $a$ —电絕緣材料制成的隔板;  
 $KM$ —端鈕;  $K$ —按鈕。

**电解液(电)鍵(虹吸管)** 当組成電池时,电极間必須借液体連接。为此經常采用特殊的虹吸管电鍵。圖5为最适合使用的两种型式的虹吸管。这些虹吸管的說明將在第43頁內叙述。

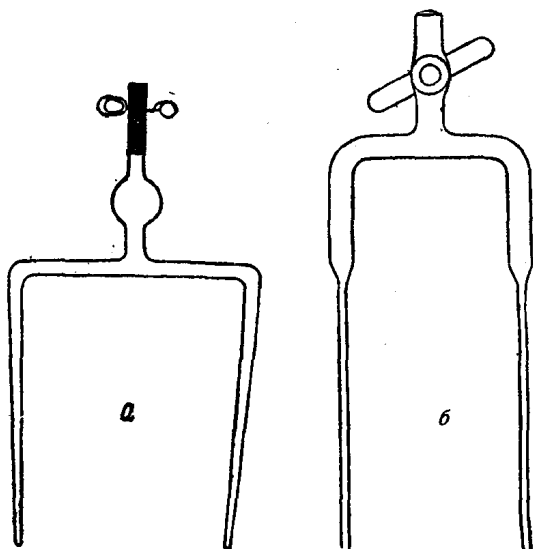


圖5 电解液(电)鍵(虹吸管):

$a$ —帶夾子的;  $b$ —帶开关的。

**轉換开关** 圖6所示为在實驗室實習中(特別是用补偿法測量电动势时)常用的轉換开关簡圖。在長方形木塊 $B$ 上固

裝兩排导电的黄銅片  $p$ ，每排为三塊銅片。固裝銅片时，应使其互不接触，并使其間形成插孔，以便插放錐形黄銅插銷。每个黄銅片上均裝有端鈕，借端鈕固紧導綫綫头。

將錐形插銷插入銅片  $p_1$  与  $p_3$  以及  $p_2$  与  $p_4$  所形成的插孔中，使待测原电池（例如标准鋅电池）接入补偿电路。当这些插銷移插在銅片  $p_3$  与  $p_5$  以及  $p_4$  与  $p_6$  所形成的插孔中时，标准电池的綫路即被切断，而受驗电池便被接入电路。

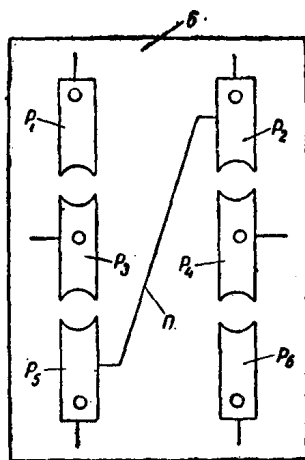


圖 6 电流轉換开关  
簡圖（俯視圖）。

为了使标准电池与待测原电池串联（在用补偿法测量电动势时常常是必須的），在該开关中用銅絲  $\pi$  使銅片  $p_2$  与  $p_5$  成永久接触；并用插銷插入銅片  $p_1$  与  $p_3$  以及銅片  $p_4$  与  $p_6$  所形成的插孔。使通往零位仪表及通往滑綫测阻器活动接触点的導綫綫头接到中部銅片的端鈕上（見圖 19）。

当然，这样構造的轉換开关在进行电化学研究时，也可以用作其他目的：电解裝置与庫侖計的接通和切断；作为电流开关等。

### 調節电流用的仪器

**可变电阻** 在實驗室中調節电压或电流强度时多半采用滑动可变电阻。它是由繞在瓷管上的高电阻金屬絲（鎳鉻合金或康銅）組成，电阻絲的末端接到固裝在瓷管上的端鈕上。位

于接触器上的活动接触点沿綫匝移动，接触器同时是套在裝有端鈕的金屬棒上的。

滑动可变电阻可以成串联(圖 7)或并联(圖 8)地接在电路中。在这兩圖中， $u$ ——具有  $E_u$  伏电压的电源， $a$ —— $b$  滑动可变电阻， $K$ ——活动接触点， $S$ ——电解器， $A$ ——安培計。

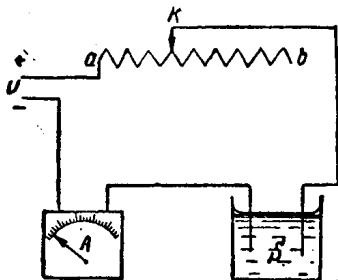


圖 7 滑动可变电阻串联在电路中的綫路圖。

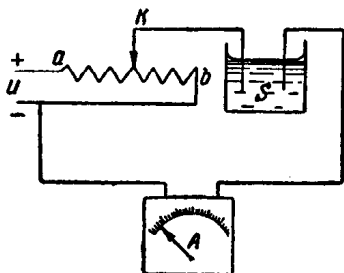


圖 8 滑动可变电阻并联在电路中的綫路圖。

当滑动可变电阻串联到电路中时，电解液电阻  $R_0$  可認為是常数，电流强度  $I$  依接到电路中的可变电阻的綫匝的电阻  $R_p$  而定：

$$I = \frac{E_u}{R_p + R_0} \text{ 安。}$$

若活动接触点  $K$  的位置与  $a$  点重合，則  $I = \frac{E_u}{R_0}$  安。

若工作需要  $I$  安，电源电压为  $E_u$  伏，則利用可变电阻，其电阻至少等于  $\frac{E_u}{I}$  欧。

当可变电阻并联时电路的全部电压都在可变电阻上調給。圖中  $a$ ——电阻絲綫匝的始点， $b$ ——綫匝的終点。若活动接触点  $K$  位于  $a$  点，則可变电阻的电压  $E_{\text{接触}}$  就等于电源电压  $E_u$  伏。当活动接触点  $K$  位于  $b$  点时， $E_{\text{接触}} = 0$ 。若活动接触点  $K$  位于  $a$  与  $b$  之間的等距离处时，則  $E_{\text{接触}} = 0.5 E_u$  伏。电流强度在 0 到  $I = \frac{E_u}{R_0}$  安的范围內变动。

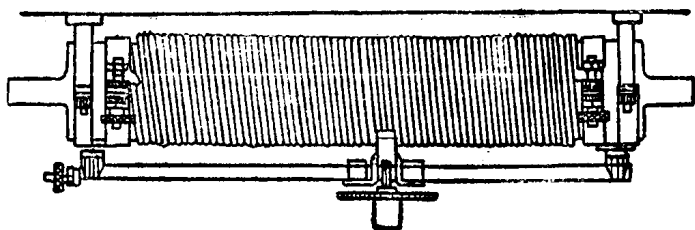


圖 9 滑动可变电阻(外形圖)。

圖 9 是滑动可变电阻的外形圖。

**电阻箱** 在實驗室實習中，用补偿法測量電池的電動勢，測量溶液的电導度及將一定的已知电阻接通在电路中时均采用电阻箱(插銷式可变电阻)。

电阻箱是其中裝有一排电阻綫圈的箱子。將这些电阻的末端焊牢在位于电阻箱上面的黃銅片上，焊接时应使电阻成为串联。

接通規定的电阻时，自插孔中取出相应的黃銅插銷，該插

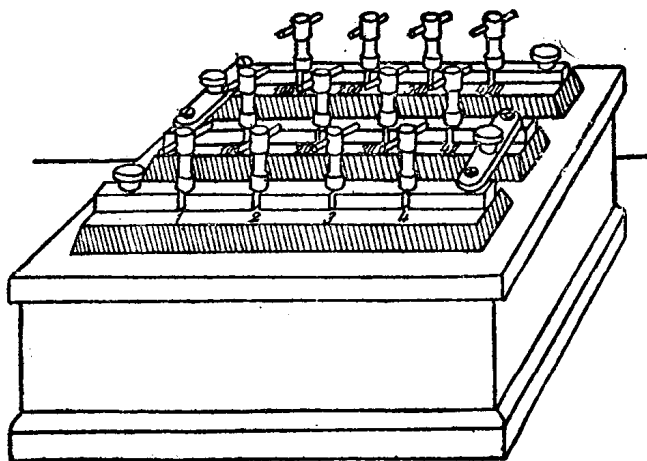


圖10 1110 欧的电阻箱(外形圖)。

銷在取出前使兩塊互不接觸的黃銅片連接在一起。這樣，自插孔中取出了一排插銷，便使一排電阻綫圈串聯地接入綫路中。每一個綫圈的電阻(歐)都在插孔近旁用數字標明。

電阻綫圈是按百分之幾安的電流計算的。因此不應使大量的電流通過電阻箱。

圖 10 為 1110 歐電阻箱的外形圖。這種插銷式可變電阻也可以製成 11110 歐和其他的電阻。杠桿式電阻箱和其他型式電阻箱都已廣泛地應用於實驗室實習中。

**滑綫測阻器 (Реохорд)** 這是一種用於測量電池電動勢和溶液的電導度的儀器。這種儀器包括一根細的、截面均勻的高電阻絲(鉑鈷合金、鎳鉻合金、康銅)，綑緊在長 110~120 公分、寬 4~5 公分的木尺上。1 公尺長的木尺上刻有公厘刻度。在木尺的邊緣上裝有帶端鈕的金屬板，以便借導綫使滑綫測阻器接到測量電路中。滑動接觸點可沿電阻絲移動。滑動接觸點距電阻絲末端的距離按直尺讀取。滑動接觸點的位置可以測至 0.5 公厘的精確度，這樣蓄電池的電動勢等於 2 伏時，電阻絲長度為 1 公尺，在計算電動勢時，可得到相應誤差等於 1 毫伏<sup>①</sup>。若用數公尺長的電位計電阻絲成螺旋狀繞在板岩或其他絕緣材料制的圓柱上來代替這種 1 公尺長的電阻絲，在測量電動勢時可以達到更高的精確度。

## 電測量儀表

在實驗室中測量電流，照例採用下述帶有永久磁鐵及轉

---

① 滑綫測阻器上長度相等的電阻絲段並不經常是電阻相等的，因此滑綫測阻器需要校準(契托夫：電化學實驗室工作指南，國立黑色與有色金屬科技書籍出版社，1938)。

动式 1 級綫圈的磁电式仪表：毫安計、安培計、毫伏計和伏特計。这些仪表的刻度盤均具有均匀的刻度，为了使刻度讀取精确——下面裝有反射鏡。

**毫安計**制成不同的最大电流强度(10、20、100 毫安和 100 毫安以上)。这种仪表常常备有分路。在仪表端鈕上或分路上应标明最大的电流强度。

**安培計**同样具有不同的最大电流强度(1、2、3、5 安和 5 安以上)。当具有分路时，用安培計可測量数个最大值范围內的电流。此最大值是依联接仪表与电路的导綫末端是接到那一个端鈕而定。为防止仪表损坏起見，不应使大于仪表端鈕上或分路上所注明的电流通过毫安計或安培計。

**毫伏計及伏特計**用于測量电压。在實驗室实习中采用 150 毫伏及 150 毫伏以上帶有各种刻度值的毫伏計。

待测电压多半为 3~15 伏，因此實驗室中最适用的是具有 150 刻度值的、3~15 伏的直流伏特計。所有电測量仪表在接通过电路和自电路中断开时都要接入可变电阻。

**零位仪表** 灵敏度高的电阻阻尼式鏡测电流計可作为精确工作用的零位仪表。在进行精确度較差的測量时，普通都采用指針式电流計。也可以采用毛細管靜电計。靜电計比电流計具有下列优点：当强电流偶然通过时不致损坏。但是毛細管靜电計的灵敏度显著地低于大多数电流計。現在这种零位仪表已經很少使用。

質量好的普通指針式电流計可以測得約等于  $10^{-7}$  安的电流。因此在以精确度达 0.1 毫伏进行測量时，用这种的灵敏度已完全足够，这时电路的电阻不应超过 1000 欧。

灵敏度高的鏡测电流計若制成电流为  $10^{-11}$  安，則电流計

的射影指針就会产生明显的偏斜。用这种电流計可以測量电阻达  $10^7$  欧的电路的电动势。若电路具有更大的內电阻，最好采用象限靜电計，該靜电計所測得的实际上不是电流，而是电位差。

曾建議借冲击电流計与电容器串联的方法来測定补偿点。电容器由待测电动势的电源充电，然后利用轉換开关通过电流計而放电。在这种情况下，当轉換电容器时，若待测电路的电动势已經补偿，則冲击电流計就观察不出有任何偏差。

接通电路中的电流計只应该在瞬间間，只有当接近补偿点而仪表指針沒有显著的偏差时，才可以借断續器●長久地接通电路。

### 标准鋅電池

标准鋅電池是一种原電池，在測量电路中的电动势时用作标准電池。它比其他電池更能符合下述要求：1) 严格地再生，即它的电动势經常不变；2) 具有数值不太大的溫度系数；3) 制备簡單。

这种原電池中的正極是汞，負極是鋅汞齐。用两种金屬的硫酸鹽按一定比例飽和的溶液作为电解液。

圖 11 所示为便于使用的标准電池的一种。在 H 形玻璃容器的每个弯管的底部，各焊接一根鉑絲，这鉑絲是電池的兩極。在左边弯管中注入少量（高約 0.5 公分）汞。在汞的表面上敷一層稠糊，这稠糊是汞与固体  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  和  $\text{CdSO}_4 \cdot \frac{8}{3} \text{H}_2\text{O}$

● 有关測量仪表裝置的詳細敘述見卡薩特金 (А. С. Касаткин): 電的測量, 國立動力出版社, 1946; 史庫林 (Г. П. Шкурин): 電測量及無線電測量仪表手冊, 國立黑色與有色金屬科技書籍出版社, 1950。