

電 工 量 計

實 驗 指 導 書

電 工 原 理 教 研 組 編

西 安 交 通 大 學

1962, 8

目 录

实验注意事项	1
实验一 万用表的检验和应用	7
实验二 镜式电流计的調整	12
实验三 镜式电流计的几个重要常数的测定和应用	16
实验四 仪用互感器在三相交流功率测量中的应用	20
实验五 直流电桥	24
实验六 交流电桥	28
实验七 应用直流电位差计檢驗瓦特表	30
实验八 用瓦特表法测量电工鋼的損耗	34
实验九 鉄磁材料 H_c 与 B_r 的測定	37
实验十 鉄磁材料磁帶迴綫的測定	40

实验注意事项

一 对实验的一般指示

在进入实验室之前，必须做完上次实验的报告，并按照实验指导书的指示，预先做好本实验的准备。本实验的实验计划，电路图，必要的数据记录表格，实验步骤，仪器布置方案等等应记录在实验记录表格上。在实验前交指导教师检查。否则不能参加实验。

进实验室后必须注意指导教师的讲解，在指导教师讲解以后方可进行实验，在讲解前不得随便动用仪器。

实验时，各实验小组限于使用本组的仪器。必须经指导教师同意后方可借用其它小组的仪器。

接线前，应将仪器布置妥贴，仪器布置的好坏，可从以下三方面来衡量：

- i 测量仪器，辅助设备以及测量对象应布置得接线方便而清楚。
- ii 测量仪器，辅助设备应布置得运用（调节和读数）方便。
- iii 测量仪器，辅助设备以及测量对象互相间电磁场的影响以及外界电磁场对它们的影响都很小。

电路应由小组组员之一联接，其余组员应不断地监督他联接电路的情况。如果电路复杂，可以把电路分成几部分，分工联接。电路联接好以后应该由本组其他组员检查。

电路的联接除了保证线路正确外，还必须保证接头都足够紧密，仪表指针在另位置，调节设备的活动触头都放在正确的位置。

线路接好以后，必须经指导教师同意，方可合上电源。合电源时，应注意全部设备有无异常现象，如有异常现象应立即拉断电源。然后仔细查明原因。

如合上电源后，全部设备都正常工作，则应进行所有必须的试调节。依次观察到电路中一切应有的工作状态以后，方可按实验要求进行实验和记录数据以及实验中产生的现象。

读取仪器的读数时应尽可能仔细而准确。

实验时，应集中注意力，每一个动作和每一次调节都必须考虑将引起的后果。

實驗中途如果發生設備損壞，或其他反常現象，應立即拉斷電源，保持現場，由指導教師查明原因，分清責任，不得擅自變動電路，或用力振動設備，更不得隱瞞蒙混。

實驗中注意安全，切勿在電路有電情況下，以身體的某一部分觸及電路中未絕緣部分。

為保證儀器不蒙受不應有的損傷，任何人不得在設備上寫字，更不允許私自折看儀器。

實驗完畢，應將儀器接線整理和復原（如儀表的短路銅片，鎖扣的閉合，自耦變壓器滑動觸頭轉回另點等等），並請指導教師驗收。

二 組成電路元件和它們的容許工作條件

每一電路含有下列元件 i 電源 ii 負載 iii 調節設備（變阻器，調節綫圈）iv 測量儀器 v 開關設備（開刀，轉換開關）vi 接綫

用作電源的是發電機，電子離子交換器或蓄電池。

發電機與電子離子交換器具有下列標誌： i 標稱電壓 U_N ii 標稱電源 I_N iii 標稱功率 P_N iv 發電機的標稱轉速 v 電流的性質 vi 交流電源的標稱頻率。

蓄電池具有下列標誌 i 標稱電勢 E_N ii 標稱放電電流 I_N iii 容量（以安培小時為單位）

用作負載的有白熾燈，電阻等。負載的標誌有標稱電壓，標稱電流，標稱功率，使用電流的性質和頻率和阻抗的數值。

開關設備的特徵是電流和電壓的標稱值。

標稱值是刻在設備名牌上的數據。它是設計和製造設備時根據延續工作條件下容許的電強度，機械強度和容許溫升確定的數值。使用設備時不應施加超過標稱值的電數量，以免發生設備損傷或縮短使用期限。

接綫所能承受的電流，以接綫允許溫升（按照 $1^{mm^2}-10^4$ ， $1.5^{mm^2}-14^4$ ， $2.5^{mm^2}-20^4$ ， $4^{mm^2}-25^4$ ， $6^{mm^2}-35^4$ ， $10^{mm^2}-43^4$ 的標準使用銅導綫將不致過熱）或接綫中允許電壓降為根據。

聯接電路時應檢查每一元件使用於該電路的可能性，即檢查施加於元件的電數量是否超過或過小於元件的各標稱值，以免元件因過載而損壞或不能使用。

例如图 1 所示的電路中，蓄電池的電勢 $E=6^v$ ，放電電流 $I_p=5^A$ ，交

阻器的电阻 $r_P = 0.6^\circ$ ，标称电流 $I_{NP} = 3^A$ ，安培表的量程为 5^A ，伏特计的量程为 100^V ，当开关接通以后，将有电流

$$I = \frac{E}{r_P} = \frac{6}{0.6} = 10^A$$

这电流会使蓄电池，变阻器和安培计过载而损坏，伏特计量程远大于电源电压，不能测量出电压来。

显然，检查时并不要求详细计算，而只进行近似地估算。下边再举两例以说明。

例1 检查下列设备是否可用在图2所示的校验电流

计电路中， i 乾电池电势 $E = 1.5^V$ 放电

电流 $I_P = 0.1^A$ ii 电阻 $r = 100^\circ$ 标称电流

$I_N = 0.1^A$ iii 变阻器电阻 $r_b = 10^\circ$ 标称电流

$I_A = 0.5^A$ iv 磁电式毫伏表准确度1级，

量程 $U_N = 150^{mV}$ v 电阻 $r_1 = 2^\circ$ 标称电流 I_N

$= 0.1^A$ vi 电阻箱 r_2 ，其电阻线卷的电阻

为 $100^\circ, 200^\circ, 300^\circ$ 和 400° 标称电流为 0.1^A vii 电阻箱 r_3 ，其电阻线卷的电阻

为 $100^\circ, 200^\circ, 300^\circ, 400^\circ, 1000^\circ, 2000^\circ, 3000^\circ$ ，和 4000° viii 电流计常数

$C_i = 15 \cdot 10^{-10} A / mm$ 转动线卷电阻 $r_g = 500^\circ$ ，外临界电阻 $r_K = 1200^\circ$ 满

偏转 100^{mm}

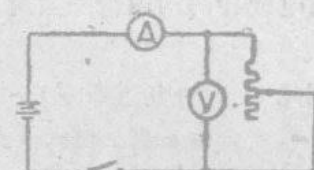


图1 用安培表和伏特表
测量电阻的电路图

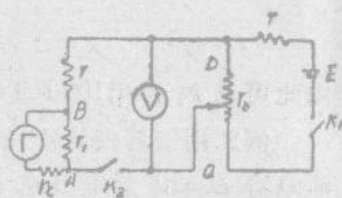


图2 校验电流计电路图

检查：因为电池的放电电流 $I_P = 0.1^A$ ，所以 r 必须大于

$$\frac{E}{I_P} = \frac{1.5}{0.1} = 15^\circ$$

由于 $r = 100^\circ$ ，故显然电池是合用的。

$r_b = \frac{1}{10} r$ ， r_b 上电压降大约是 150^{mV} 因此磁电式毫伏表是可以用的。

r_b 与 r 中的电流不会大于

$$\frac{E}{r} = \frac{1.5}{100} = 15^{mA}$$

由于 r_b 与 r 的标称电流都大于此数，所以 r_b 与 r 是合用的。由于 r 的存在电源送出的电流最大不超过 15^{mA} ，即使这电流全部流过 r_1 与 r_2 与也不会使它们过载，因为它们的额定电流都是 0.1^A ，因此 r_1 与 r_2 也是合用的。

校驗電流計時，往往使電流計在臨界情況下工作，因此 r_0 應取 1200^{Ω} 。
當電流計轉動線卷產生偏轉 100^{mm} 時，其電流應為

$$I_{gN} = C i \times 100 = 15 \times 10^{-8} \text{ A}$$

因此 r_1 上的電壓降應為

$$u_1 = I_{gN} \times (r_g + r_c) = 15 \times 10^{-8} (500 + 1200) = 2.5 \times 10^{-4} \text{ V}$$

r_1 中的電流應為

$$\frac{u_1}{r_1} = \frac{2.5 \times 10^{-4}}{2} = 1.25 \times 10^{-4} \text{ A} = 1.25 \times 10^{-1} \text{ mA}$$

流過 r_2 電流應為 $I_{gN} + \frac{u_1}{r_1} = 1.25 \times 10^{-1} \text{ mA}$ 。從另一方面看由於 r_0 兩端電壓最大不超過 150^{mV} ，因此如選取 r_1 為 1000^{Ω} 那末 r_2 中電流最大不超過

$$\frac{150}{r_2} = 1.5 \times 10^{-1} \text{ mA}$$

由此可見 r_1 選用 1000^{Ω} 以上， r_0 選用 1200^{Ω} 時該電路是合用的。

例2. 用安培表伏特表法測量電阻時，可否同時使用下列設備：
i 蓄電池電勢 $E = 6^{\text{V}}$ 放電電流 $I_P = 5^{\text{A}}$ ii 變阻器 $r = 0.5^{\Omega}$ 標稱電流 10^{A} iii 伏特表量程為 5^{V} iv 安培表量程為 5^{A} v 電阻器 $r_1 = 2^{\Omega}$ 標稱電流 6^{A} vi 電阻器 $r_2 = 0.3^{\Omega}$ 標稱電流 5^{A}



圖3 用安培表伏特表法測量電阻的電路圖 a 被測電阻遠大於安培表電阻
b 被測電阻遠小於伏特表電阻

檢查：將上述設備按圖3a連接時，電路內得到的電流

$$I_1 = \frac{E}{r_1 + r} = \frac{6}{0.5 + 2} = 2.4^{\text{A}}$$

這電流是允許的，因為它小於電路中各元件的標稱電流。伏特表上的電壓

$$u_1 = I_1 r_1 = 2.4 \times 2 = 4.8^{\text{V}}$$

這也沒有超出伏特表的量程。

當按圖3b連接時電路中的電流

$$I_2 = \frac{E}{r_2 + r} = \frac{6}{0.5 + 0.3} = 7.5^A$$

它超出了蓄电池和电阻器 r_2 的标称电流，并且安培表的量程也小于此数，因此是不允许的。

要使电路的电流不超过安培表的量程，必须改变变阻器 r 的数值，今安培表量程为 5^A ，故

$$r_2 + r = \frac{E}{5^A} = \frac{6}{5} = 1.2^{\Omega}$$

因而 r 应选用大于 $1.2 - 0.3 = 0.9^{\Omega}$ 与标称电流是 5^A 的变阻器。

实验一 万用表的检验和应用

一 实验目的:

1. 学习万用表的应用方法
2. 学习检验万用表的电流电压电阻标尺准确度的方法。

二 原理与说明

万用表是一种复用电表,可以用它测量电流,电压和电阻等电量。它可以测量交流与直流电量,而且具有多种量程。所以它是一种常用的仪表。

一般万用表面板上装有两个转换开关和一个欧姆表的另点调整电位器。通常两个转换开关中有一个是电流种类转换开关,它是为了使万用表能运用于不同电流种类(交流或直流)而设置的。测量直流时应使转换开关对准于面板上的直流符号(“ $=_{\omega}$ ”或“D.C.”)。测交流时类同。另一转换开关是选择电量的种类或量程的。在测量某一电量时,应将上述两个转换开关放在适当的位置,被测量的数值应从与开关位置相对应的标尺上读取。

万用表欧姆标尺的准确度受内部乾电池的端电压变化的影响甚大。万用表的另点调整电位器是用来抵偿这种变化用的。在应用万用表测量电阻之前,应首先调节上述两转换开关于测电阻的位置,并应用另点调整电位器调正。

任何仪表,为保证其经常保持一定的准确度,应定期进行校验。本实验通过万用表的检验使同学了解一般仪表的校验方法。

校验包括两个要求

- i 仪表的外部巡视
- ii 检定仪表的准确度是否符合制造厂在仪表上标明的级别。

外部巡视的目的是弄清楚妨碍仪表继续使用的故障,外部巡视应在检定仪表准确度之前进行。

被检验仪表不得有下列缺陷:

- a, 玻璃面板松动脱落或有裂缝
- b, 仪表标尺不平,松动脱落或肮脏

- c, 当仪表来回翻轉时, 發現仪表內有脫落的部件或其它不相干的物品
- d, 端鈕松动或短少
- e, 机械的另位調节器失灵
- f, 指針弯曲
- g, 表針不能回另或有卡針現象發生。

凡有上述情况之一者, 应认为仪表有损坏, 必須加以修复方可进行檢定其准确度。

通常应用被檢驗仪表与准确度較高的仪表直接比較的办法 檢定 准确度。准确度較高的仪表称为范型表。按规定 1.0, 1.5, 2.5, 4.0 級仪表的准确度用 0.5 級范型表进行檢定。

范型表与被檢驗仪表的电流种类相同。直流范型表一般采用磁电式仪表, 交流范型表般--采用电动式仪表。范型表的量程应等于被接表的量程的100%到150%。

万用表的准确度的檢定常用图1-1及1-2所示的电路图。图1-1是校

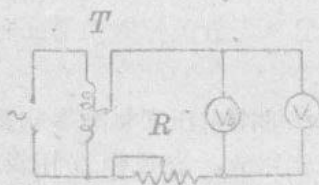


图 1-1

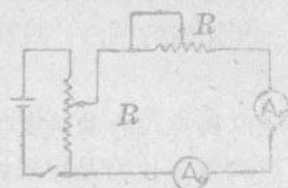


图 1-2

驗万用表电压标尺的电路图, 本实验中只檢驗其交流电压标尺故調压器用一自耦变压器, 如欲檢檢驗其直流电压标尺应改用电位器。图1-1中 V_0 是范型伏特表 V_0 为被檢驗万用表, T 为自耦变压器, R 为电压細調节变阻器。图2-2为檢驗万用表电流标尺的电路图。图中 A_0 为范型安培表, A_0 为被檢驗万用表, E 为电源, R 为粗調与細調变阻器。

万用表中欧姆标尺的准确度檢定, 可用万用表測量标准电阻的方法。

在選擇被檢驗表的标尺上的檢驗刻度点时, 各点应大致均匀地分布在标尺的工作範圍內, 被檢驗刻度点应至少有五点。

三 實驗設備

名 称	規 規	数量	备 註
万 用 表		1	
自耦变压器	原边220 ^v 付边0-250 ^v 4 ^A -8 ^A	1	按名牌所示电路图 接綫
范型伏特表	0-75 ^v A.C	1	
范型安培表	0-50 ^{mA} D.C	1	
蓄电池	2 ^v 酸性	1	
滑綫电阻	473 Ω 0.82 α	1	
单刀开关	1 A	1	
旋轉式电阻箱	9999 Ω	1	
滑綫电阻	14 Ω 5A	1	

四 实验任务

1. 搞清万用表各端鈕与旋鈕的作用。
2. 按要求对万用表作外部巡視，判定能否进行准确度檢定。
3. 按本指导书第三部分所列設備清单，审核所給設備的規格，数量是否合于本实验的要求，并記錄它們的編号。
4. 用图1-1电路图接綫，檢定万用表的电压标尺，注意
 - a. 范型表量程应为万用表被檢定标尺的100%到150%。
 - b. 按面板所示符号，正确按置各仪表，并調节机械調另器使仪表指針指另。
 - c. 布置仪器时应保証各仪表間无相互的电磁場影响和外部电磁場影响，表間相距不得小于20^{cm}。
 - d. 将电路接好后，应試調节自耦变压器，观察被檢定表指針能否在全量程中平滑連續变化。
 - e. 加以标称电压（即量程的数值）預热（按規定需預热15分钟本实验中由于時間关系只能預热2-3分钟）
 - f. 均匀选取标尺上的檢定刻度点，并且选定的刻度点應該是主要分格。檢驗次序是由小到大須(上行)从标尺另点連續增加到全量程，然后，由全量程減到另(下行)。这样每一被檢驗刻度点有两个标准讀数，这两标

准讀数差称为变差是由仪表軸尖軸承間摩擦的引起的。应特別指出，調节电压增加时，只能單調地增加不能过調，否則应退回到被檢定刻度点之后，重新調节。同样，調节电压减少时，如發生过調現象，应使电压調节到高于被檢定刻度点被檢定之上，再調节下降。調节时应不使电被檢定表受到振动。

g. 經指导教师檢查数据合格方可拆除綫路。

5. 按图1-2接綫，檢驗万用表安培标尺。方法同步驟3。

6. 檢驗万用表欧姆标尺。

a. 将标准电阻（本实验用旋轉式电阻箱）接到万用表的测电阻端鈕，进行檢驗。檢驗前应先調另电位器調整。

b. 本实验中校驗中值电阻最小的标尺（指欧姆計串联綫路中量程最小的一档）对于本实验所檢驗万用表，按規定标尺刻度在 $20 \sim 80^{\circ}$ 間和 $500 \sim 1500^{\circ}$ 間的誤差不应超过被测电阻的， $\pm 22\%$ ，在 80° 和 500° 間不应超过 $\pm 10\%$ 。

五 报告要求

1. 抄录主要设备的目录，包括编号，規格，以备查考

2. 抄录試驗数据，計算下列表格中所要求的数据，审定被檢驗标尺的准确度作补值曲綫。

被檢驗表讀数	范型表讀数		被檢驗表 讀数眞值	誤差		补值
	上行	下行		絕對	相对	

被檢驗表讀数的眞值是对应于这讀数的范型表上行与下行兩次讀数的平均值。

絕對誤差等于被檢驗仪表讀数減去其眞值，相对誤差等于絕對誤差除其眞值，并用百分数表示。补值等于絕對誤差的負值，被檢驗标尺的讀数加上其补值就是眞值。

$$\text{仪表的准确度} = \frac{\text{絕對誤差的最大值}}{\text{被檢驗表的量程}} \times 100\%$$

六 預習要求

1. 熟悉本實驗的原理和方法
2. 按實驗注意事項作預習報告，進實驗室時把報告交指導教師檢查。

補值折綫是直角座標中被驗表讀數與補值的关系曲綫（折綫）并以補值為縱軸（注意恰當選擇比例尺）

3. 檢驗歐姆標尺。是否在規定誤差範圍內。

实验二 鏡式电流計的調整

一 实验目的

电流計是常用的一种仪器，要求通过实验，学会正确地熟练地調整电流計的方法。（本实验用的是一种墙式主观讀数电流計）

二 电流計調整方法說明

电流計的結構示意图如图2-1所示。綫卷1挂在悬絲2上，这悬絲同时用作引电流到綫卷的引綫，另一引綫由很薄的彈性的薄銅皮3做成。小鏡4是电流計光指针的一部分。电流計应垂直地按装在墙上。图2-2是电流計讀数装置示意图。与小鏡4相隔一定距离处安置一与鏡面平行的标尺7。还有一望远镜8对准着小鏡，使观察者通过望远镜看到标尺上某一刻度在小鏡中的象。

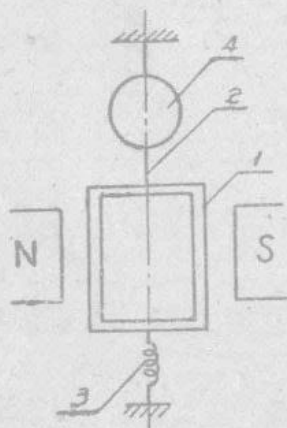


图 2-1

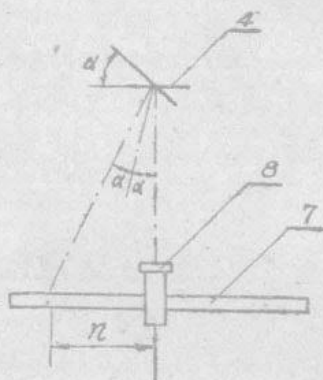


图 2-2

电流計的实际装置如图2-3图2-4所示。图中1是轉动綫卷，2是悬絲，3是薄銅皮引綫，4是小鏡，5是鉄芯，6是永久磁鉄，7是刻度尺，

8是望遠鏡，9是底板，10是銅杆，11是銅管子，12是調整螺絲，13是銅環，14,15,16,17,18,19,20是調整螺絲，21是標綫調節螺絲，22是目鏡，23是物鏡，24是望遠鏡架子，25是橫担，26是膠木面板，27是支架、28是氣隙。

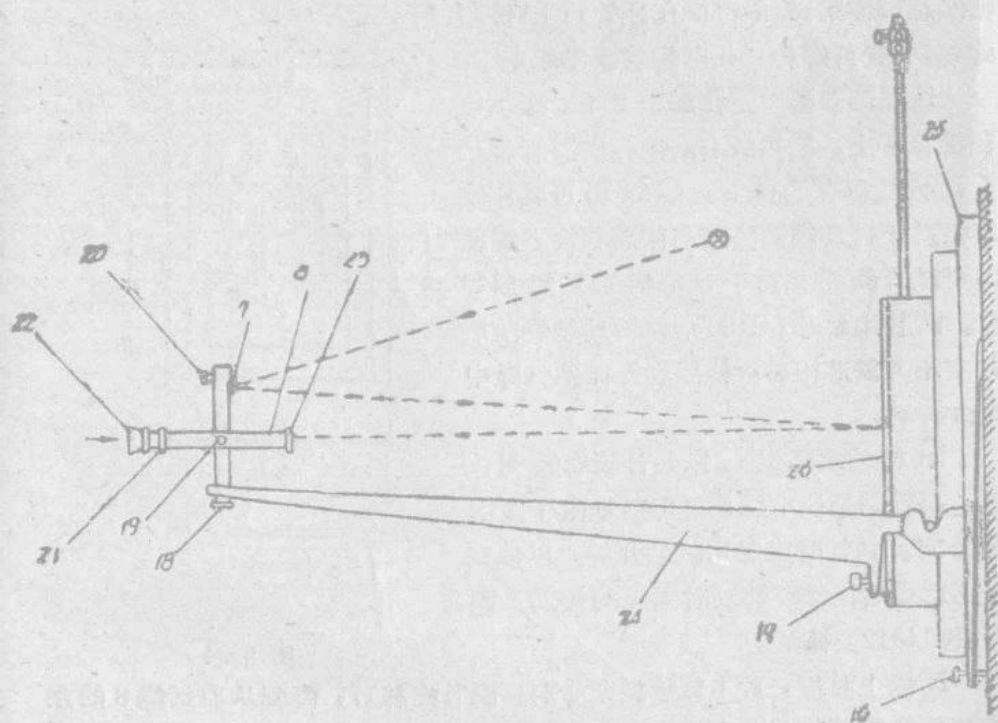


图 2-3

1. 調整好的電流計應具有下列標誌

i 電流計的轉動綫卷相對鐵芯前後左右上下各方的位置適中，且能在空氣隙中自由轉動

ii 望遠鏡架的高度應使望遠鏡正好正對小鏡，並且小鏡正對標尺。望遠鏡的焦點調好，使觀察者能從望遠中看到標尺在小鏡中的象。

iii 望遠鏡中的標綫清晰，在電流計不引入電流時標綫與標尺另點能重合。

2. 調節步驟如下:

i 取下電流計的膠木面板26。此時可看到焊着懸絲的銅杆10擱在銅管11上，而轉動綫卷1則擱在鉄芯5上。將螺絲12松开，提起銅杆10，此時轉動綫卷1也被提起。再把螺絲12擰緊，將銅環擱在銅管11上，擰緊螺絲14，松开螺絲12此時綫卷被吊起來了。

ii 鉄芯5被固定在底板9上。底板掛在橫担25上。橫担的右端擱在調節螺絲15上，左端擱在刀口上。螺絲15可調節鉄芯相對於轉動綫圈的左右傾斜程度，螺絲16可調節鉄芯相對於綫卷的前後傾斜程度。調節螺絲15和16最後使轉動綫卷前後左右不與鉄芯相碰，使綫卷能在空氣隙中自由轉動。

iii 轉動銅環13，以調節綫卷的另位置，調節結果使小鏡正好正對垂直于底板的方向。調節時應應用阻尼開關，以便克服轉動綫卷在銅環轉動時強烈的摆动。調節後螺絲12要擰緊。

iv 蓋上面板，放上望遠鏡架子24，調節螺絲17，直到從望遠鏡8的左右兩側能看到標尺在小鏡中的象。然後松开螺絲18和19調節望遠鏡的垂直與水平方向，使從目鏡22中能看到小鏡。

v 轉動螺絲21，使從目鏡中能清晰地看到標綫。轉動目鏡套筒使標綫垂直于水平綫。然後，前後移動目鏡，直到從目鏡中能清晰地看到標尺在小鏡中的象為止。

vi 最後轉動標尺調節螺絲，使標尺的另點在小鏡中的象與標綫重合。如超出螺絲的調節範圍仍不能對准另點，應重復步驟iii，轉動一下銅環，再調節螺絲20，使另點與標綫對准。

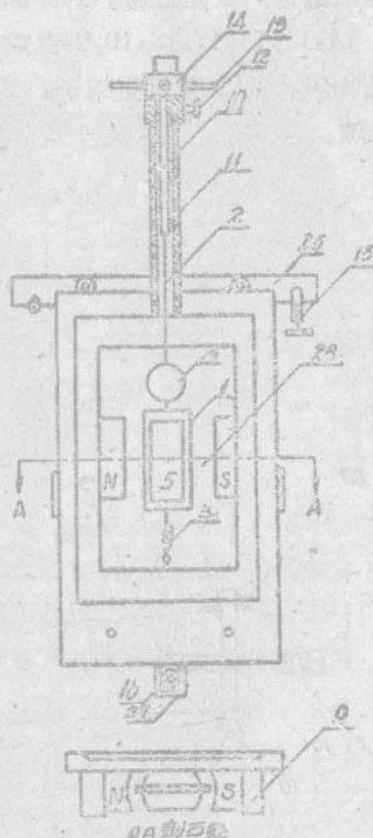


圖 2-4

三 實驗設備

1. 電流計 60° 1只

2 单刀开关 1只

3. 接线 1^m 2根

四 注意:

调整完毕应经指导教师检验认为合格方可离开实验室

