

D01 单量程三用表的设计和校准

14211092 宣松辰

本实验难度不大，原理简单，没有数据处理，抽到这个实验几乎万事大吉！

但是在下作死第一天选课，完全不知道 1&27 系资料上什么东西该背，什么不该背，而且重心放在了大 boss 级的 D03，导致实验并不顺利。

写这个东西就当为光学积累人品吧，同时也希望光学的各位勇士分享经验！

特别声明：本文受众主要是及格党，不是满分党，对于选做实验详见 1&27 资料！

关于考试实验的说明（可能有点杂）：

网上对于考试实验的说法有很多，在这说一下最新的情况吧。每个设计实验的考试分两部分，实验报告和实验操作，各 100 分，每个实验换算之后占期末 20%，具体是不是一个实验不过就期末挂科还不清楚。

考试实验不让带任何纸质材料、草稿纸、书、报告纸，可以自己带书写用品、计算器和绘图纸（由于在下胆小，不敢做什么出格的事。绘图纸的功用请自行发散思维），推荐大家带一个订书器，计算器的一元线性回归的相关功能大家一定先预习好， a ， b ， r 什么的可以直接求出来。

考试报告纸和草稿纸各两张，报告纸是那种类似 A4 纸的考试纸，草稿纸考完试也需要上交。

教师课表现在在选课网站已经可以查到了，至于如何避开 boss 大家又有经验（周六都是和蔼可亲的助教，周一呵呵呵）

只要不是特别凶残的老师，最后都会让过的，不会特别难为。但是检查的时候还是比较严的（可能我第一天的缘故），我们考场两个监考老师，15 个考生（所有考场都是 15 个）。老师检查的方法可能不一样，有的愿意按时间给分，有的愿意按精确度给分，反正做得越快越准确越好。

考试实验过程分三部分：实验设计、实验操作、数据处理。报告上写两部分：实验设计和数据处理。老师会安排若干 checkpoint，设计不通过不让操作。

正文：

一、任务要求

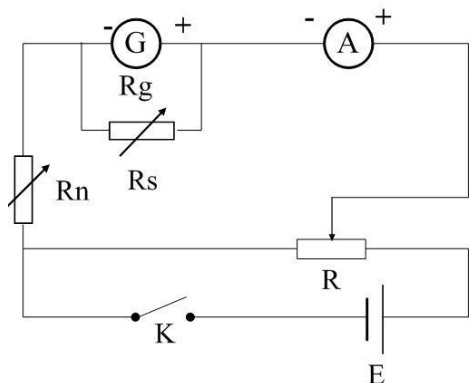
1. 用一个内阻 $500\ \Omega$ ，量程 $200\ \mu\text{A}$ 的表头，配以给定的其它器件或仪器，组成一个单量程的三用表（ 10mA 量程的电流表， 5V 量程的电压表和中值电阻 $R_{\text{中}}=120\ \Omega$ 的欧姆表）。
2. 实验前给出相应的电路图以及各元件或仪器的设计值，校准电路的原理图和设计参数。
3. 实验校准应按满偏电流（ 10mA 电流表），满偏电压（ 5V 电压表），以及欧姆表的满偏（ $0\ \Omega$ ）和半偏电阻（ $120\ \Omega$ ）的设计要求来调整参数。
4. 自带坐标纸和计算器！

二、实验设计

如果不想弄清楚原理，以下内容全部背下来，直接抄在报告上

1. 毫安表改装

(1) 电路图



(2) 相关参数计算及设计

R_s 的作用是分流

$$R_s = \frac{500 \times 200 \times 10^{-3}}{10 - 200 \times 10^{-3}} = 10.2 \Omega$$

电流表选15mA量程的

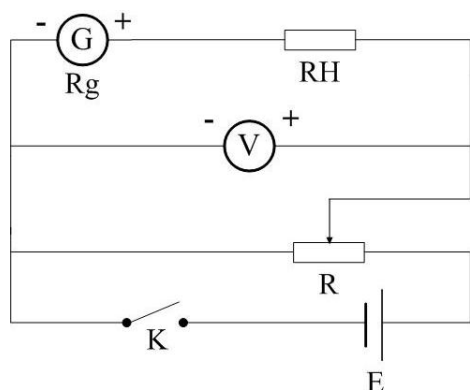
E取4.5V

为保护电路， R_n 选400 Ω 左右

R位于最左端，开关断开

2. 伏特表改装

(1) 电路图



R_H 的作用是分压

$$R_H = \frac{5V}{200 \times 10^{-6} A} - 500 \Omega = 24500 \Omega$$

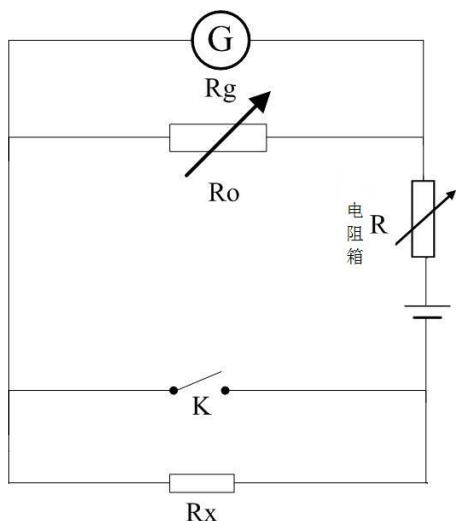
电压表选7.5V量程的

E取6V

R位于最左端，开关断开

3. 欧姆表改装

(1) 电路图



(2) 相关参数计算及设计

E取1.5V

通过 R_g 的电流为

$$\frac{1.5V}{120 \Omega} \cdot \frac{R_0}{R_0 + 500} = I_g$$

所以 $R_0 = 8.13 \Omega$

$$R = 120 \Omega - \frac{500 \times 8.13 \Omega}{500 + 8.13 \Omega} = 112 \Omega$$

R_x 为120 Ω 标准电阻

开关断开。

写完之后，叫老师！

注：欧姆表改装的R选实验仪器里面的超级大的滑动变阻器！不是电阻箱！我就选错了。

三、 实验操作与数据记录

1. 毫安表改装及校准

- 1) 按图连接电路, R_s, R_n 为电阻箱
- 2) 连通电路, 将 R 调至中段, 调节 R_n , 使电流表示数为 10mA (注意 10mA 是 100 个格)
- 3) 略微调节 R_s , 使微安表满偏, 此时电流表指针可能有微小改变, 反复调节
- 4) R_n 和 R_s , 直到同时满足标准电流表 10mA , 微安表满偏。
至此, 调节部分已经结束了, 之后开始记录数据。
- 5) 老师会让正反各校准一次, 所以需要测量 19 组数据, 略坑。
- 6) 方法是, 先调整滑动变阻器或者输出电压让微安表分别偏转 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 (满偏)、90、80、70、60、50、40、30、20、10、0, 分别记录各个刻度时标准电流表的偏转情况。
- 7) 在草稿纸 / 报告纸填写下表

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
校准安培表 / div	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
校准安培表 / mA	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0
(正) 标准电流表 / mA	0										0
(正) ΔI / mA	0										0
(反) 标准电流表 / mA	0										0
(反) ΔI / mA	0										0

填完之后, 叫老师!

注: 老师会看你的满偏情况, 最好叫他来之前调到满偏。

2. 伏特表改装及校准

- 1) 按图连接电路, R, R_H 为电阻箱
- 2) 连通电路, 调节 R 使电压表示数为 5V 。
- 3) 略微调 R_H 节, 使微安表满偏 (此时电压表指针可能有微小改变, 反复调节 R 和 R_H , 直到同时满足微安表满偏, 电压表 5V)
- 4) 调节 R , 测出 11 组 U 标和 U_X , 记录数据, 同时记录每格代表的电压 U_{div} (可以直接取 0, 0.5V, 1V, ..., 5V)
至此, 调节部分已经结束了, 之后开始记录数据。
- 5) 和安培表改装一模一样, 完全没有区别, 先调整滑动变阻器或者输出电压让微安表分别偏转 0、10、20、30、40、50、60、70、80、90、100 (满偏)、90、80、70、60、50、40、30、20、10、0, 分别记录各个刻度时标准电压表的偏转情况。
- 6) 在草稿纸 / 报告纸填写下表

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
校准伏特表 / div	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
校准伏特表 / V	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
(正) 标准电压表 / V	0										0
(正) $\Delta U / V$	0										0
(反) 标准电压表 / V	0										0
(反) $\Delta U / V$	0										0

填完之后，叫老师！

注：老师会看你的满偏情况，最好叫他来之前调到满偏。

3. 欧姆表改装及校准

- 1) 按图连接电路, R_0 , R_x 为电阻箱, R 是一个有刻度的滑动变阻器 (大的那个), 根据刻度, 找到 $112\ \Omega$ (注意那个滑动变阻器每小格 2 欧姆), 联入电路, 把电压旋钮调到 1.5V
- 2) 断开开关, 调节 R_0 使表头半偏
- 3) 闭合开关, 调节 R , 使表头满偏, 这时再断开, 可能不再半偏, 反复调节 R_0 和 R , 直到断开半片, 闭合满偏。

至此，调节部分已经结束了，之后开始记录数据。

- 4) 材料上会给你以下阻值让你验证, 记录每个阻值偏过多少格: 0、10、20、40、50、80、100、120、200、500、1000、2000、5000 Ω
- 5) 在草稿纸 / 报告纸填写下表

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
R / Ω	0	10	20	40	50	80	100	120	200	500	1000	2000	5000
R_x / div	0												

- 6) 将电源电压调成 1.4V, 重新调节 R_0 , 任取一个阻值进行测试, 老师过来会让你这么做, 所以你先做好了

叫老师！

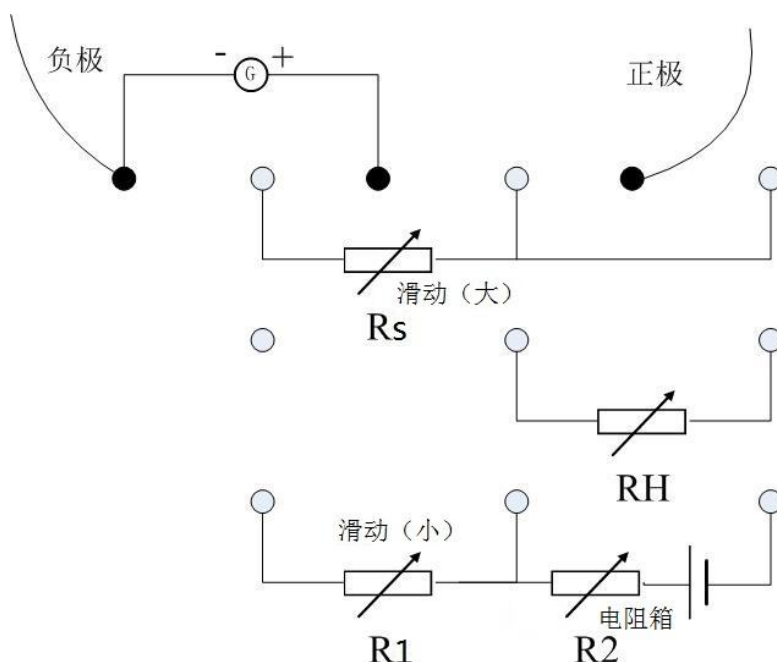
至此，操作部分已经结束了，之后立刻开始写报告!!!

四、数据处理

不啰嗦，安培表和伏特表部分，把表格画在报告纸上，在绘图纸上画出 I / U 与 $\Delta I / \Delta U$ 的折线图，欧姆表部分只需要在报告纸上画上那张表格，就可以了。

五、 选做实验

这部分我没做，直接复制的 1&27 系材料，供学霸参考
其实不是学霸也能做，只是本人实验的时候过于紧张，蒙逼了



会给你一个三刀三掷开关, 就是一个盒子, 上面有 12 个接线柱, 黑色的接刀, 白色的接柱。它的具体内部构造和双刀双掷一样。

三刀三掷开关上有一个旋钮, 三个档, 1 是第一排白色接线柱在内部分别和三个相连(最上面), 2 是第二排(中间), 3 是第三排(最下面), 这样, 接线柱之间的部分连入电路就可以组成回路了。

第三排就是欧姆表, 直接把上面那一步拆下来的拿过来就可以了。第一排是毫安表, R_s 用的是 $200\ \Omega$ 的滑动变阻器, 用组装的欧姆表把它调到校正的 R_s 值。第二排是伏特表, R_H 是电阻箱, 阻值就是第二步的 R_H 的值。

老师过来看的时候会拿过来一个黑盒子, 上面三个接线柱, 会让你测量一次电压, 一次电流, 一次电阻, 你只要连上接线柱, 旋转一下旋钮就可以了

注: 选做实验一定要做, 选做实验时占有一定的操作分与报告分的, 所以选做实验一定要尽量完成, 完不成的话在保证实验报告写完的前提下, 选做能做多少算多少。

这部分老师只看一遍, 对了就是对了, 错了就不再看了

六、 善后工作

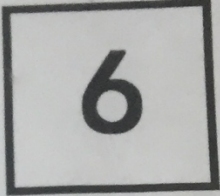
做完实验之后, 需要按照现场材料中的图片摆放实验仪器, 这部分不做的会扣分!

七、 其它

希望本文可以给还没做电学实验的同学提供帮助, 有不对的地方欢迎大神指正! 同时希望做过光学的同学能分享下经验, 谢谢!

课堂阅读材料

6.1 单量程三用表的设计与校准



一、任务与要求

1. 用一个量程为 $200\mu\text{A}$ ，内阻 $\sim 500\Omega$ 的微安表头，配以给定的其它器件或仪器，分别改装成 10mA 量程的电流表、 5V 量程的电压表和中值电阻 $R_0=120\Omega$ 的欧姆表；并通过三刀三掷（也可以作双刀三掷用）开关，把它们组装成一个单量程的三用表。
2. 实验操作前给出相应的电路图及各元件或仪器的设计值；校准电路的原理图和设计参数。
3. 实验校准要求把参数调整到满偏电流（ 10mA 电流表）、满偏电压（ 5V 电压表），以及欧姆表的满偏（ 0Ω ）和半偏情况（ 120Ω ）的实际值，并在全量程范围内进行校准。
4. 报告纸现场发放，每人 1 份，数据处理时请带坐标纸和计算器。

二、可供选择的仪器设备

待改装的电流表（量程 $200\mu\text{A}$ ，内阻 $\sim 500\Omega$ ）、电流表（ 0.5 级， $0-15-30-75-150\text{mA}$ ）、电压表（ 0.5 级， $0-7.5-15-30\text{V}$ ）、直流稳压电源（ $0-30\text{V}$ 可调）各一个，电阻箱（ZX-21 型）2 个，滑线变阻器 2 个，开关 2 个（其中一个为三刀三掷开关），导线若干。

三、实验提示

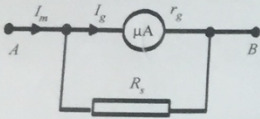


图 1 改装后的电流表

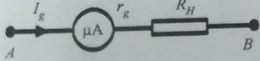


图 2 改装后的电压表

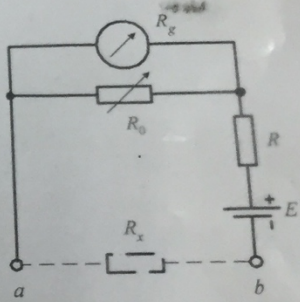


图 3 欧姆表原理图

1. 毫安表和伏特表改装原理见图 1 和图 2。其中电阻 R_s 的大小由电表内阻 R_g 、表头电流量程 I_g 和扩程后的电流 I_m 决定， R_H 则由电表内阻 R_g 、表头电流量程 I_g 和改装后的电压量程 V_m 决定。

欧姆表的原理可简化为图 3。欧姆表的一个重要指标是中值电阻 R_0 ，即恰使表头指针指在中心位置（半偏）时的外测电阻 R_x 的值，也等于欧姆表的内阻（由 R_g 、 R_0 、 R 等构成），它规定了该表适于测量的电阻值范围。

2. “校准”是在按估算参数值组装成电表后必须进行的一个步骤，因为有许多因素（如 R_g 值的偏差等）都可能使所组装的表不能完全满足设计要求。校准的要求是：① 调整分流电阻 R_s ，使表头满偏时符合标准值 10mA （标准表读数）；② 调整串联电阻 R_H ，使表头满偏时符合标准值 5V （标准表读数）；③ 调整 R_0 和 R 使之符合满偏（ $R_x=0\Omega$ ）和半偏（ $R_x=120\Omega$ ）条件。

提示：校准时通常应按电流增加和电流减小方向分别进行。

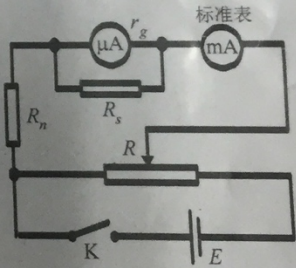


图 4 毫安表校准电路

3. 电流表的校准电路如图 4 所示，电压表和欧姆表的校准电路自拟。

4. 欧姆表的校准是指在标准条件（ $E=1.5\text{V}$ ）下，同时满足满偏和半偏条件，它们通过对两个参数 R_0 和 R 的调节来实现。由于 R_0 和 R 的设计值与实际条件或多或少存在着偏离，调整时总是先固定一个参数（例如 R ），调整另一个参数（例如 R_0 ）来满足半偏条件或满偏条件中的一个条件，再固定后一个参数，调整前一个参数来满足另一个条件。如此循环往复，逐次逼近。这里存在两个问题：① 如何调节才能使满偏和半偏条件最终得以满足，即所谓调节的收敛性问题；② 如何减少调节次数，即加快收敛速度问题。实验中应注意观察和分析，并选好初值以减少调整次数。

5. 欧姆表通常使用干电池作为电源，其电压会在一定范围内变动（例如 $E=1.60\text{V}\sim 1.35\text{V}$ ），因此欧姆表在使用前，

必须先“调零”，即短接 a, b 两端 ($R_0=0$)，调节调零电阻 R_0 使指针满偏。要特别强调的是，调零时只能调节电阻 R_0 ，而 R 是在标准条件 ($E=1.5V$) 下校准过的，不能再调。设计欧姆表时应注意保证 R_0 的可调范围：由标准条件 ($E=1.5V$) 确定了 R 的取值后，在于电池的使用范围内欧姆表能正常调零。

欧姆表校准完成后，取电源电压 $\approx 1.4V$ ，测量任一阻值的电阻。

6. 选做实验 (10 分)：利用三刀三掷开关组装单量程三用表

三刀三掷开关是一个由三个单刀三掷开关连动构成 (图 5)。当扳向“1”位时，K1 的“1”与“11”相连，K2 的“2”与“21”相连，K3 的“3”与“31”相连；当扳向“2”位时，K1 的“1”与“12”相连，K2 的“2”与“22”相连，K3 的“3”与“32”相连；……。每个端钮 (共 12 个) 均可单独引线与其它器件连接。

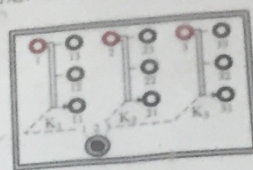


图 5 三刀三掷开关

7. 实验方案未经值班教师同意不得进行实际操作；实验学生在电流表校准、电压表校准及欧姆表校准后，须分别经教师复检才能拆线，否则实验结果不予承认；完成基本实验后先写实验报告，报告写完再做选做实验。

8. 实验报告由两部分组成：

(1) 电路设计——包括电流表、电压表和欧姆表极校准电路的设计图 (对极性器件应标明“+”“-”) 和参数设计值，设计所用的计算公式，简要操作步骤。

(2) 数据处理——包括原始数据、校准结果和校准曲线 (欧姆表只要求列表法)。

四、测量注意事项

1. 校准电流表和电压表时，应同时用列表和作图来表示校准结果。校准点不少于 10 个，并均布在全量程范围 (每 10 个小格校准 1 点)。作图应在坐标纸上进行，采用折线连接 (想一想，为什么？)；纵轴=(约定)真值-校准值，横轴=校准值。

2. 欧姆表校准只要求用列表法。按下列电阻值 (R_x) 列出指针的偏转格数 (Div)：0, 10, 20, 40, 50, 80, 100, 120, 200, 500, 1000, 2000, 5000 Ω 。

3. 电路通电前注意以下几个问题：

(1) 电路中的可变电阻、滑线电阻务必设置为非 0 的初值；

(2) 电源电压开始可以选择一个较小的电压档位；

(3) 通过外接开关采用瞬态通电方式，并密切关注各表头指针是否满偏或过满偏，一旦发现状态不对，请立即切断开关，以免长时间大电流烧坏 μA 表头。

4. 全部完成并经教师复检后，按图 6 归整好仪器。

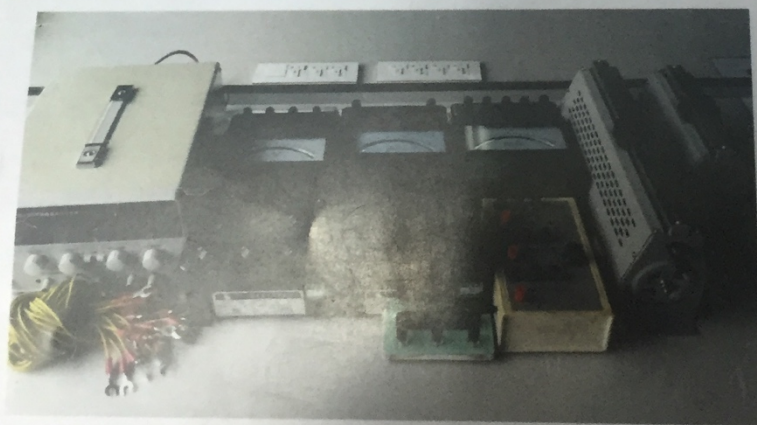


图 6 实验仪器整理图

——实验完成后，应将《现场阅读材料》交回实验老师手中。如果丢失，不论什么原因，均由使用者本人负责。——

参考资料

[1] 基础物理实验考试资料 2012 年最新修订版，材料科学与工程学院&化学与环境学院