# 1041

## 1040412 惠斯通电桥测中电阻

## 预习要点

① 电桥平衡过程中何处体现了零示法和电压比较法？本实验中为什么要采用交换测量法？

② 什么是回路接线法？什么是安全位置？什么叫瞬态试验和“宏观”粗测？（参阅电学实验预备知识。）

③ 电桥灵敏度是怎样定义的？实验中是怎样测量灵敏度的？影响电桥灵敏度的因素有哪些？设计电路并进行参数估计。

④ 指针式检流计中的“短路”和“电计”按钮分别起什么作用？怎样使用？检流计的制动拨钮又应怎样使用？实验结束后，应将制动拨钮拨至何处？镜面上的小镜子起什么作用？怎样正确读数？

⑤ 箱式电桥ＱＪ４５选取比率Ｃ的原则是什么？检流计（电计）Ｇ的３个按钮０．０１、０．１、１各代表什么意义？测量结果应以哪个键为准？设被测电阻分别约为１５Ω、２００Ω、１５０ｋΩ，问

应如何选取ＱＪ４５型电桥比率Ｃ？

⑥ 伏安法测电阻的方法中，存在什么系统误差？如何进行修正？画出伏安法测中电阻的完整电路图并进行参数估计。

⑦ 测量电表内阻一般有哪些方法？各有什么使用条件？

⑧ 伏阻法和安阻法何处存在系统误差？各自有什么使用条件？补偿法是否存在方法误差？

## 实验仪器

电阻箱、指针式检流计、固定电阻两个（标称值相同、但不知准确值）、直流稳压电源、滑线变阻器（２００Ω）、待测电阻、开关等、ＱＪ４５型箱式电桥；ＱＪ１９型单双电桥、ＦＭＡ型电子检流计、滑线变阻器（４８Ω、２．５Ａ）、换向开关、直流稳压电源、电压表两个（０～７．５Ｖ、０～７５Ｖ）、四端钮标准电阻（０．００１Ω）、待测低电阻（铜杆）、电流表两个（０～３Ａ、０～１５０ｍＡ）、数显卡尺、待测二极管等。

## 实验原理

图４．７．９所示为惠斯通于１８４３年提出的电桥电路。它由４个电阻和检流计组成，ＲＮ 为精密电阻，ＲＸ 为待测电阻。接通电路后，调节Ｒ１、Ｒ２ 和ＲＮ，使检流计中电流为零，电桥达到平衡。易推得电桥平衡条件（请读者自己推导）：

ＲＸ ＝Ｒ１Ｒ２ＲＮ （４．７．１２）

通常称４个电阻为电桥的“臂”，接有检流计的对角线称为“桥”；Ｒ１／Ｒ２ 称为比率或比率臂；ＲＮ为标准电阻，称为比较臂；待测电阻ＲＸ 称为测量臂。

图４．７．９ 惠斯通电桥

由于电桥平衡须由检流计示零表示，故电桥测量方法为零示法，零示法的测量精度较高。又由于电桥测电阻的过程是Ｄ点电位与Ｃ点电位进行比较（由示零器指示其比较结果），经过调节直到两点电压为零———电桥达到平衡的过程。

电桥一旦平衡便可由三个已知电阻定出一个未知电阻。测量过程即电压比较过程，故电桥测量又是电压比较测量。惠斯通电桥测量电阻的主要优点有：

① 平衡电桥采用了零示法———根据示零器的“零”或“非零”的指标，即可判断电桥是否平衡而不涉及数值的大小。因此，只需示零器足够灵敏，就可以使电桥达到很高的灵敏度，从而为提高它的测量精度提供了条件。

② 用平衡电桥测量电阻的实质是拿已知的电阻和未知的电阻进行比较，这种比较测量法简单而精确，如果采用精确电阻作为桥臂，则可以使测量的结果达到很高的精确度。

③ 由于平衡条件与电源电压无关，故可避免因电压不稳定而造成的误差。

在式（４．７．１２）中，若Ｒ１ 与Ｒ２ 的值不易测准，测量结果就会有系统误差，采用交换测量法可消除它。交换ＲＮ 与ＲＸ 的位置，不改变Ｒ１、Ｒ２，再次调节电桥平衡，记下此时电阻箱的值，设为Ｒ′Ｎ，则有ＲＸ ＝Ｒ２Ｒ１Ｒ′Ｎ （４．７．１３）由式（４．７．１２）、式（４．７．１３）得出ＲＸ ＝ ＲＮＲ′槡 Ｎ （４．７．１４）

上式说明，采用交换测量法，ＲＸ 的测量式中不出现Ｒ１ 和Ｒ２，因此若自组电桥，只要有一个标准电阻和两个数值稳定但不要求准确测定的电阻，即可得出ＲＸ 的准确值。

## 实验内容

（１）测线性电阻

自行选择用伏安法或电桥法测量高电阻、中电阻、低电阻或电表内阻，设计相应的实验电路，确定实验方案，完成电阻的测量。

（２）测非线性电阻

自行设计电路测量二极管的伏安特性。

提示１：测二极管伏安特性曲线时，需根据其正、反向电阻的大小分别采用电流表内接或外接方法。思考：如何利用单刀双掷开关实现内、外接的转换操作？

提示２：测量非线性曲线时，需注意不宜均匀取点，而应遵循曲线变化慢处取点疏、曲线变化快处取点密的原则，以便准确绘制曲线。

提示３：使用二极管时要注意加在其上的反向电压不得超过最大反向工作电压。

（３）数据处理

① 列表记录原始数据；

② 计算线性电阻的阻值及其不确定度；

③ 用坐标纸绘制二极管伏安特性曲线；

## 思考题

① 试借助一个电阻箱，采用伏安法测出电压表的内阻ＲＶ 和电流表的内阻ＲＡ ，请说明测量方法。

② 假设连接惠斯通电桥电路时混入了一根断线，如果这根断线接在桥臂上，操作中检流计有什么现象？若断线在电源Ｅ回路，又会怎样？如果已经分析出电路中有一根断线，但无三用表或多余的好导线，用什么简便方法查出这根断线的位置？（提示：将可能是断的导线与

肯定是好的导线在电路中的位置交换，视检流计的状态变化判定。）

③ 用一个滑线变阻器、一个电阻箱、一个待测毫安表、一个约１．５Ｖ的甲电池、两个开关，自组电桥测一毫安表的内阻（约３０Ω、量程３ｍＡ），要求画出电路图并说明测量原理与步骤。

④ 将一量程Ｉｇ＝５０μＡ、内阻Ｒｇ＝４．００×１０３Ω的表头改装为一个量程为５Ａ的安培表，并联的分流电阻是多少？应如何正确连接？