

用放电法测量高阻值电阻

余 华

(成都理工学院电子工程系 成都 610059)

摘 要: 用普通设备及线性元件设计并自制了一台操作简便、测量精度好于 0.1% 的高阻值电阻测量装置。对 20 只有代表性高阻的测量结果表明,多数有 1% 左右的阻值波动;少数高阻的电压系数竟有 15% 左右。

关键词: 高阻;放电法;指零仪;电压系数

High resistance measurement by discharge method

Y U Hua

(Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059)

Abstract A simple high resistance measurement equipment whose accuracy is better than 0.1% is composed of the normal and linear elements. The results of measuring 20 typical high resistances show that most of the high resistance values undulate about 1%, but a few high resistance voltage coefficients are up to 15%.

Key words high resistance; discharge method; electrical zero equipment; voltage coefficient

高阻值电阻简称“高阻”,它是弱电流 ($10^{-10} \sim 10^{-15}$ A) 测量的常用元件之一,其阻值范围约在 $10^8 \sim 10^{12} \Omega$ 。由于制作材料及工艺的因素,高阻的分布参量很不稳定,阻值波动性较大。用平衡精度较高的电桥测量,可达千分之几的精度;一般使用的“充电法”测量精度较低;用智能化仪表测量高阻,仪器昂贵。因此,本文采用“逆行式”思维方式^[1],使用放电法及指零仪^[2],设计制作了操作简便、精度好于 0.1% 的高阻值电阻测量仪。

1 测量装置与测量原理

测量高阻的原理电路如图 1 所示。图中的 R_x 是被测高阻, C_s 是 3 端空气可变电容,其每组极板均与其骨架及安装盒绝缘,为防止潮气侵入,盒内放置有高效干燥剂。一个匀速运转的微型电机 M 与 C_s 的调节柄啮合,以改变 C_s 的

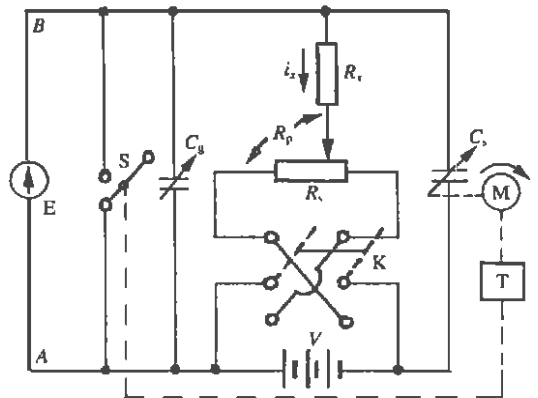


图 1 高阻测量原理电路

电容量。由于传动齿轮使用了高绝缘材料, M 与 C_s 的柄及骨架间未发现漏电现象。M 的转速用切换其串联电阻加以控制,以致不同条件下的测量均能维持 A、B 两点间的电位差小于 $\pm 1\text{mV}$ 。用一个三联动开关控制 M 及计时器 T 的起停,以及开关 S 的断合。当 M 及 T 启动

时, S应断开;测量结束, M及 T停止工作, S应闭合. 电池 V 及电位器 R_s 构成电阻分压器, R_s 为电阻箱, 最大阻值 $1\text{M}\Omega$, 按需要调节; V 是无线电专用甲电池, 只要其电流在 0.5mA 以内, 则在 100s 左右的测量时间内电压的稳定性好于 0.05% . 可变电容 C_g 的选择方法是: 测量中若维持 C_s 不变, 则 C_g 应调节到使断开的开关 S 两端的电位差约按 20mV/s 的速率变化. 若该变化率太大, M 的转速会加快, 反而使 A, B 两点的电位差大于 $\pm 1\text{mV}$ 的设计值. 为满足各种测量条件的需要, 制作了 3 种可变电容 C_s , 其容量范围分别是 $9.5\sim 20.5\text{pF}$, $15\sim 25\text{pF}$, $100\sim 1100\text{pF}$. 图中的 E 是作指零仪用的振簧静电计, 最灵敏挡为 1mV . 因为涉及弱电流, 为防止外电场干扰, 整个装置除分压器调节柄及计时器之外, 全部安放在紫铜屏蔽箱中. 屏蔽箱的顶盖可方便地开闭, 测量与维修均易进行.

图 1 电路的工作原理: 测量前 C_s 的容量位于最大值, S 闭合, 故 C_s 的电压迅速上升到电池电压 V , 流过高阻 R_x 的电流 i_x 满足下式

$$R_x = \frac{R_p}{R_s} \left(\frac{V}{i_x} \right) \tag{1}$$

$t=0$ 时开始测量, 三联动开关将 S 断开, T 开始计时; 与此同时 M 起动, 使 C_s 的容量均匀减

小但维持 C_s 的端压始终是 V 不变, 故静电计指零, 且 R_x 的电流也维持 i_x 不变. 因为这时的 i_x 由 C_s 的电压提供, 即 $i_x = (V\Delta C_s)\Delta t$, 故 (1) 式变成

$$R_x = \frac{R_p}{R_s} \left(\frac{\Delta t}{\Delta C_s} \right) \tag{2}$$

测量结束时, 联动开关使 S 闭合, M 和 T 停止工作, 记录好有关数值. 然后将电池开关 K 换向, 按联动开关后 S 断开, M 反转, T 开始计时, 进行另一次测量. 两次测量的数据均按式 (2) 处理, 再求 R_x 的平均值.

2 测量结果与测量精度

用上述测量装置对保存在实验室条件下 ($23\pm 1^\circ\text{C}$, 相对湿度小于 50%) 的 20 只合成膜 (RH 型) 高阻进行了测量. 这些电阻的封装形式有两种: 一种是玻璃外壳, 另一种无玻璃壳. 表 1 给出了 10 只有代表性的高阻的阻值测量结果, 其中 1~5 号电阻有玻璃壳, 其余编号无玻璃壳. 所有高阻在测量前均经表面清洁及干燥处理, 然后进行高温功率老化, 即在额定功率下加 120°C 恒温连续运行 72h. 表中的第 4 栏中的 I 代表测量电压范围为 $1.5\sim 45\text{V}$, II 代表 $1.5\sim 180\text{V}$ 的电压范围.

表 1 典型 RH 型高阻的测量结果

电阻编号	标称值 Ω	允许误差 %	测量结果 Ω	
			I	II
1	$\times 10^8$	± 5	$(0.995\pm 0.002)\times 10^8$	$(1.019\pm 0.004)\times 10^8$
2	$\times 10^9$	± 5	$(1.007\pm 0.002)\times 10^9$	$(0.985\pm 0.003)\times 10^9$
3	$\times 10^9$	± 5	$(0.996\pm 0.002)\times 10^9$	$(1.027\pm 0.004)\times 10^9$
4	$\times 10^0$	± 5	$(1.004\pm 0.002)\times 10^{10}$	$(1.020\pm 0.004)\times 10^{10}$
5	$\times 10^0$	± 5	$(0.996\pm 0.002)\times 10^{10}$	$(0.975\pm 0.004)\times 10^{10}$
6	$\times 10^8$	± 10	$(0.968\pm 0.005)\times 10^8$	$(0.917\pm 0.007)\times 10^8$
7	$\times 10^0$	± 10	$(0.970\pm 0.004)\times 10^{10}$	$(1.092\pm 0.007)\times 10^{10}$
8	$\times 10^1$	± 10	$(1.039\pm 0.005)\times 10^{11}$	$(1.124\pm 0.008)\times 10^{11}$
9	$\times 10^2$	± 10	$(0.936\pm 0.006)\times 10^{12}$	$(1.106\pm 0.007)\times 10^{12}$
10	$\times 10^2$	± 10	$(1.085\pm 0.007)\times 10^{12}$	$(1.150\pm 0.008)\times 10^{12}$

改变电阻箱的插销位置就能改变 R_x 的测量电压, 每次只改变 1.5V , 因此表中的测量结果是大量数据的统计平均值.

精度只有 0.1% 的主要因素, 是马达 M 的转速控制及传动机构尚欠理想, 致使电路中 A, B 两点的电位差有时达不到设计值. 其它因素的影响远小于 10^{-3} . 比如, R_p/R_s 的测量精度即使换

本装置的测量精度分析: 制约本装置测量

成对于 V_P/V_s 或 V_P/V 的测量,也能保证 0.01% 的精度. Δt 用 E3241 型时间间隔测量仪测量,精度可达 10^{-5} . 可变电容 C_s 的 3 种改变量 ΔC_s 分别是 9pF, 90pF 及 900pF, 用变量器电桥^[3]测量,其精度好于 10^{-5} .

3 结果讨论

由测量结果可得几点结论:

1) 高阻的阻值波动范围较大,而且,一般而言阻值越大阻值的稳定性越差;

2) 封装在玻璃壳中的高阻,比无玻璃壳者的阻值稳定性好,因为真空封装可防止合成膜受潮或氧化;

3) 高阻的阻值随施加电压的升高而迅速变化,即高阻的电压系数较大;

4) 马达转速不均匀限制了测量精度,加上稳频措施以改进供电质量;

5) 要制作精度很高的高阻测量电桥,必须制作精度及稳定性很高的标准高阻. 如果不从制作材料及制作工艺上进行根本变革,就难以解决“标准”问题.

4 参考文献

- 1 姬婉华等译. 逆行式实验. 物理实验, 1982, 2(4): 189
- 2 Attix FH, Roesh WC. Radiation Dosimetry. 1966. 48
- 3 郑家祥等. 电子测量基础. 北京: 国防工业出版社, 1981. 201

(2001-06-11 收稿)

中国人即将登上月球

孙光东

(华北航天工业学院 065000)

在 1609 年的一个夜晚,伽利略在一座山头上,用一架 30 倍望远镜观察到月球表面上布满了山谷,这是人类第一次仔细观察到的月球. 1959 年苏联发射了“月球”2 号宇宙飞船,它是人类的器械使者首次登月. 1969 年 7 月 20 日,由“土星”5 号火箭发射的“阿波罗”11 号飞船,载着 3 名宇航员在月球着陆,这是人类首次登月.

2000 年 11 月,中国政府发表了《中国航天》白皮书,首次向世界宣布了中国在今后 10 年内将开展以月球探测为主的深空探测研究的消息. 这标志着中国的月球探测计划已经正式启动. 据业内专家透露,中国月球计划的首期目标是对月面进行全方位、整体性的综合遥感探测,从中选出有关键意义的月球区域,发射月球车软着陆,进行深入探测. 其目的是为月球基地的建立选择地址,下一步则是建立月球基地. 为此,我国专家提出月球计划的 4 个阶段:

1) 在 2005 年以前,发射月球资源探测器,分别采取绕飞、击中月球表面和环月飞行的方法,对月球进行拍照,了解掌握月球环境、能源、资源的分布情况和分

布规律,获取月球表面地形图.

2) 在 2010 年前后,发射月球探测器软着陆,试验月球软着陆技术.

3) 在 2020 年前后,通过月球车、空间智能机器人等进行现场探测. 确定月球表面土石成分,为载人登月飞行和月球前哨的建立提供有关数据.

4) 在 2030 年前后,发射小型采样返回舱,月面钻机、月球机器人等,采集有关样品,返回地面进行研究,为载人登月和将来月球基地的选址提供有关数据,完成月球基地建设,宇航员进驻永久性月球基地.

2000 年 11 月,在北京举行的国际空间展上,出现在军事博物馆展位上的中国登月沙盘,引来了无数国人新奇的目光. 人造卫星、载人飞船和深空探测作为人类航天活动的 3 个主要方面我国目前已经在前两个方面,做出了很大的成就. 目前,中国科学院和中国航天界的专家们正在为攻克登月探测的关键技术而日夜不停的工作着,部分难关已告攻克,中国人通向月球之路已经不再遥远,中国人即将登上月球.

(2001-08-21 收稿)