

中华人民共和国国家标准

贵金属电触点材料接触电阻的测量方法

GB/T 15078-94

Measuring method for contact resistance of
precious metal electrical contact materials

1 主题内容与适用范围

本标准规定了贵金属及其合金电触点材料接触电阻的测量方法(静态接触)。

本标准适用于贵金属及其合金电触点材料接触电阻的测量。其他金属及合金电触点材料亦可参照使用。

2 引用标准

GB 8170 数值修约规则

3 术语和定义

3.1 静态接触 static contact

触点相互静止接触、无连续性的离合动作。

3.2 收缩电阻 constriction resistance

电流通过接触面时,因电流线急剧收缩而产生的电阻增量。

3.3 膜电阻 membrane resistance

触点表面膜所产生的电阻。

3.4 接触电阻 contact resistance

电流通过触点时在接触处产生的电阻。它是收缩电阻与膜电阻之和。

3.5 体积电阻 bulk resistance

触点材料自身的电阻。其数值与材料的电阻率和几何尺寸有关。

3.6 探头 probe

测量试样接触电阻的一种装置。测量时直接与试样的待测面接触,与试样接触的探头表面为参考面,参考面可以为不同的形状。

3.7 开路电压 open circuit voltage

探头与试样脱离接触时,加在它们之间的稳态电压。

4 方法原理

4.1 采用四端子电阻测量法测量接触电阻。当稳定的电流 I_c 通过相互接触的探头和试样时,在接触处的两边将产生一个接触电位差 V_c 。只要准确测量出 I_c 和 V_c ,即可计算出探头与试样之间的接触电阻 R_c 。

5 测量装置

测量装置由接触实验机、接触电流回路和接触电压回路三部分组成。

国家技术监督局1994-05-11批准

1994-12-01实施

5.1 装置线路

整个装置的线路如图 1 所示。

5.2 接触实验机

接触实验机主要包括下列部件：

5.2.1 机座——要求稳固牢靠，用大约 10 mm 厚的整块钢板制成。

5.2.2 试样夹具——用于装载试样，要求能方便地夹住或取下样品。对于不同型式的试样应配备相应的夹具。

5.2.3 试样平台——用于安装试样夹具。它应配有移动的机构，可沿 X·Y 轴方向水平位移或以圆心水平转动，供选择试样上测量点的位置。

5.2.4 探头夹具——用于装配测量探头的装置，应能方便地装卸探头。图 2 为探头夹具示意图，a 为用螺钉紧固的双片活动夹具，b 为改造过的显微硬度计压头夹具。

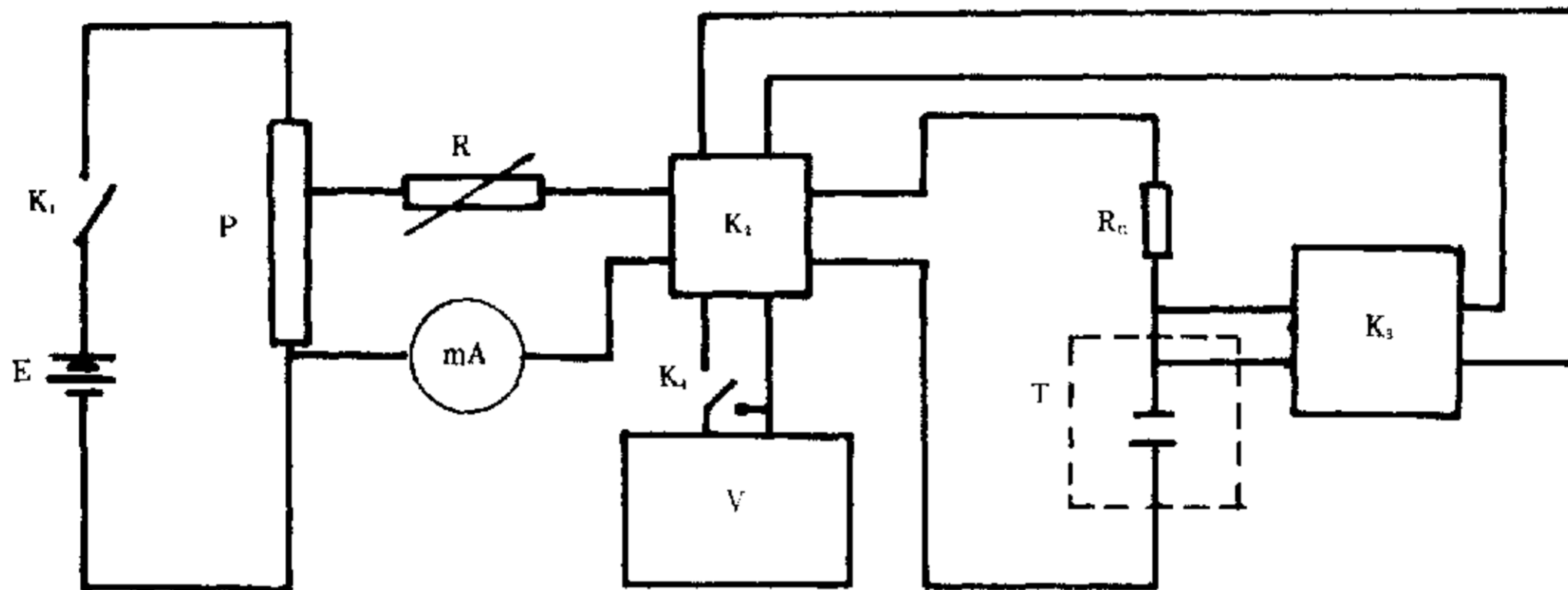


图 1 测量装置的线路图

E—直流电源；P—电位器；R—可调电阻；mA—电流表；
R_n—标准电阻；T—接触实验机；K₁、K₄—开关；K₂—换向
开关；K₃—选择开关；V—电压测量仪

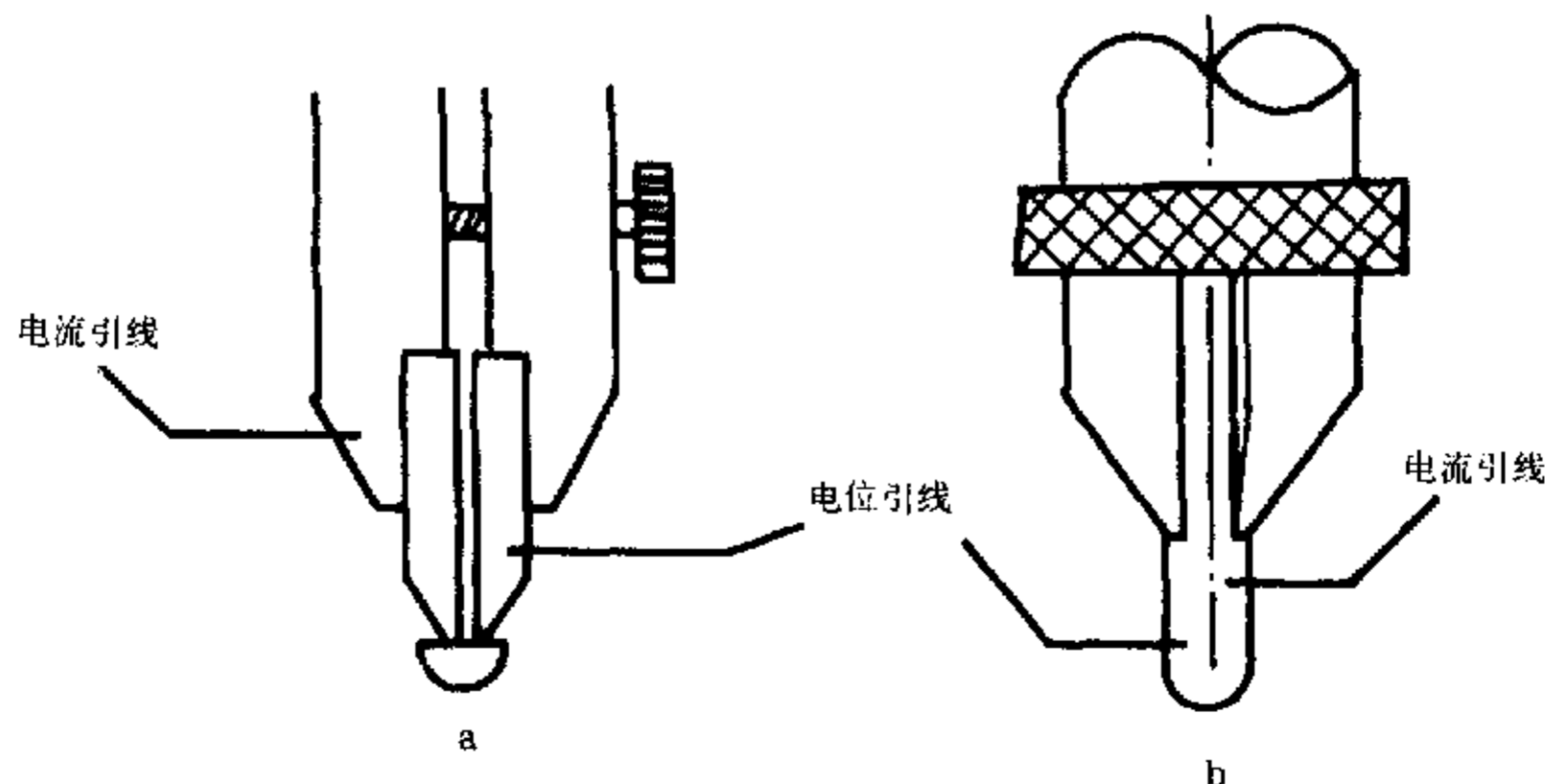


图 2 探头夹具示意图

5.2.5 加荷装置——用来提供测量所需的接触压力。压力可由砝码、弹簧或电磁力提供。天平横梁结构是一种简便的加荷装置，用砝码为压力源。横梁的一端安装探头夹具和载重盘，另一端安有平衡锤。若采用弹簧或电磁力加荷，则应事先对所提供的力进行校准和分度。

5.2.6 探头驱动器——用来提升或降下探头的装置，以实现探头和试样的断开或闭合。为减小探头下

GB/T 15078—94

降的冲击作用和跳动,要求闭合时探头下降的线速度小于 2.5 mm/s,推荐的优选值为 1.5 mm/s。

5.2.7 防尘罩——用于防止灰尘落到实验机上。

5.3 接触电流回路

电流回路提供测量所需的稳态电压和电流,它由下列部件组成(见图 1):

- 5.3.1 直流电源——最大输出电压 6 V、电流为 100 mA,其稳定度每小时不低于 0.01%。
- 5.3.2 电位器——用于提供需要的开路电压,其电阻值视电源的输出而定。可用 500 Ω 左右电位器。
- 5.3.3 可调电阻——用于调节回路电流的大小。可用总电阻为 1 0000 Ω 的十进式电阻箱。
- 5.3.4 电流表——最小分度为 1 mA。
- 5.3.5 标准电阻——用来与电压测量仪配合,准确测定回路电流,精度不低于 0.02%。
- 5.3.6 开关—— K_1 为电源通断开关; K_2 为电流换向开关。

5.4 接触电压回路

用于测量探头和试样间的接触电位差,由下列部件组成:

- 5.4.1 电压测量仪——用于测量接触电位差和开路电压。它应有合适的量程,最小分度值为 1 μ V,精度至少为 0.02%。
- 5.4.2 开关—— K_2 为换向开关; K_3 为选择开关,用于选择试样或标准电阻; K_4 为电压测量仪接入、断开或短接开关。
- 5.4.3 电位引线——应采用单芯导线制成。连接探头的引线应细而柔软,以减小对探头运动的阻力。电位引线的安装应使体积电阻的引入程度减小到可以忽略。

6 试样和探头

- 6.1 试样为各种型式的贵金属及其合金电触点材料,包括各种型材、铆钉、复膜和电镀体。试样应取表面均匀的部位。
- 6.2 探头由贵金属制成,其参考面可为球面、平面和圆柱面。通用探头(如纯金)参考面的粗糙度 R_z 应不大于 1.6 μ m。需要测定触点材料自身配对的接触电阻时,探头就采用试样,此时对表面粗糙度不作要求。球面和圆柱面参考面的曲率半径通常分别为 0.5~1.6 mm 和 0.25~0.5 mm。
- 6.3 连接试样和探头的电流和电压引线可用压接或焊接的方式安装。在安装过程中不能改变待测表面和参考面的原始状态。
- 6.4 试样和探头应在测量前 1 h 内清洗干净,清洗干净的待测表面和参考面不得用手触摸。测量前应使其干燥并与室温同温。

7 试验步骤

7.1 试验条件

7.1.1 安装环境

装置应远离振动源、高温热源,无电磁干扰和腐蚀性气体,室内含粉尘量低。实验机应安在刚性台座上并垫上足够厚的弹性材料。

7.1.2 电气和机械条件

测量在直流电条件下进行。推荐使用的电流为 1~100 mA;开路电压为 10 mV~6 V;接触压力为 3~500 cN。若需要,也可在其他条件下测量。

7.2 测量装置的校验

7.2.1 校验用标准样品由纯金(纯度 $\geq 99.9\%$)制成,表面粗糙度 R_z 不大于 1.6 μ m。

7.2.2 校验在下列负荷范围内任选三种不同的组合进行接触电阻测量:电流为 1~100 mA;开路电压为 20 mV~6 V;接触压力为 5~500 cN。

7.2.3 校验方法按 7.3~7.4 条的步骤进行。每种组合条件下测 5 个点,每次读数的稳定时间为 30 s

左右。

7.2.4 如果测得的接触电阻值均在 1.5~5.0 mΩ 范围内,则该装置合格,否则应找出原因予以消除。

7.3 测量前的准备

7.3.1 断开 K₁,K₂ 在正向位置,电位器 P 置于零输出,电阻 R 调至最大,探头夹具在升起的位置。接通电源预热设备。

7.3.2 装上试样和探头并接好引线,调整试样平台使试样与探头对正。

7.3.3 设备预热后接触 K₁,调节电位器并用电压测量仪测量其输出电压,直至需要的开路电压值为止。

7.3.4 先将探头上的接触压力调至零,然后加上所需的压力负荷。探头下降的线速度应事先调好,以后一般不再变动。

7.3.5 将 K₃ 置于标准电阻选择位置。降下探头接触试样,调节可调电阻使电流升至所需的值。再用测定标准电阻两端的电位差按式(1)准确算出接触电流,若达不到预定值,进一步调节可调电阻使其达到。

7.3.6 将 K₃ 转到试样选择位置,测出探头与试样之间的接触电位差,按式(2)算出接触电阻。对大多数贵金属电触点材料(腐蚀、硫化等处理的除外),接触电阻应小于 0.1 Ω,否则应重新清洗或查出原因。

7.4 测量

7.4.1 升起探头,变更测量点。利用开关 K₃ 和 K₄,在电流的正反方向上,用电压测量仪分别测出标准电阻两端以及探头和试样之间的电位差。在示值稳定后读数,通常的稳定时间为 20~30 s,必要时也可延长。

注:禁止在探头与试样闭合的情况下变更测量点,以免损伤探头的参考面。

7.4.2 重复 7.4.1 的操作和测量,每个样品应至少测量 10 个不同的点。

7.4.3 若需变更开路电压测量,重复 7.3.3~7.4.2 的步骤;若需变更接触压力测量,重复 7.3.4~7.4.2 的步骤;若需变更接触电流测量,重复 7.3.5~7.4.2 的步骤。上述测量条件的变更,按由低到高的顺序进行。

8 数据处理和测量误差

8.1 数据处理

先将各测量点在电流的正反向上测的标准电阻两端的电位差分别代入式(1),算出正反向上的接触电流值。

$$I_c = V_n / R_n \dots\dots\dots (1)$$

式中: V_n——标准电阻两端的电位差,mV;

R_n——标准电阻名义电阻值,mΩ;

I_c——接触电流,mA。

然后,将正反向接触电流 I_c 和相对应的探头和试样之间的接触电位差 V_c 分别代入式(2),算出正反向电流下的接触电阻。取它们的平均值为该点的接触电阻,称单次测量值。

$$R_c = V_c / I_c \dots\dots\dots (2)$$

式中: V_c——探头和试样间的接触电位差,mV;

R_c——接触电阻,mΩ。

将所有各测量点的单次测量值按式(3)计算整个测量的平均值 \bar{R}_c :

$$\bar{R}_c = \sum_{i=1}^N R_{ci} \dots\dots\dots (3)$$

GB/T 15078—94

式中： R_{ci} ——第 i 测量点的接触电阻单次测量值， $m\Omega$ ；

N ——单次测量的次数；

i ——单次测量的顺序号，取 1、2、…… N 。

8.2 数据的有效位数

被测接触电阻的数值为 10^0 、 10^1 和 $10^2 m\Omega$ 数量级时，所取数据的最后一位有效数值分别为 0.01、0.1 和 1 $m\Omega$ 。数值修约按 GB 8170 的规则进行。

8.3 误差

由于接触电阻不是材料固有的单值性能，影响它的因素很多，故对测量结果不给出确定的误差。电测系统的误差可以确定，其均方根误差不大于 $\pm 2\%$ 。

9 试验报告

试验报告包括下列内容：

- a. 本标准号；
- b. 试样名称、牌号、规格、状态；
- c. 探头的材质、形状、规格；
- d. 配对情况、接触压力、开路电压；
- e. 测量结果，包括最大值、最小值、平均值或所有单次测量值；
- f. 环境温度和湿度；
- g. 测量过程中出现的有影响的情况；
- h. 测量日期、测量人员。

附加说明：

本标准由中国有色金属工业总公司提出。

本标准由中国有色金属工业总公司昆明贵金属研究所起草。

本标准主要起草人卢邦洪。