



中华人民共和国国家标准

GB/T 351—1995
(eqv IEC 468—1974)

金属材料电阻系数测量方法

Metallic materials—Resistivity measurement method

1995-04-11 发布

1995-12-01 实施

国家技术监督局 发布

中华人民共和国国家标准

GB/T 351—1995
(eqv IEC 468—1974)

金属材料电阻系数测量方法

代替 GB 351—64

Metallic materials—Resistivity measurement method

本标准等效采用国际电工委员会 IEC 468—1974《金属材料电阻系数测量方法》。在适用范围、测量设备、试样、测量程序、测量结果及计算等与 IEC 468—1974 相同,补充完善了名词术语、试验记录及报告。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了金属材料电阻系数测量方法的名词术语、测量仪器、试样、测量程序、测量结果及计算、试验记录及报告。

本标准适用于黑色金属线材制品及其他导电材料的电阻、电阻系数、质量电阻率及单位长度电阻的测量,并作为测定标准条件下电阻系数在 $0.01 \sim 2.0 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 范围内的仲裁测量方法。

2 名词术语

2.1 电阻系数(体积电阻率)

电阻系数是指单位长度上试样横截面积的电阻。

2.2 质量电阻率

质量电阻率是指单位长度和单位质量试样的电阻。

2.3 单位长度电阻

单位长度电阻是指单位长度上试样的电阻。

2.4 惠斯登(Wheatstone)电桥

惠斯登电桥即单臂电桥,测量电阻时只有两触点,称为两触点法。一般用于测量较高阻值的电阻。

2.5 凯尔文(Kelvin)电桥

凯尔文电桥即双臂电桥,测量电阻时有四个触点,称为四触点法。一般用于测量较低阻值的电阻。

2.6 电压端子

采用四触点法时,为测定试样两端的电压差,用于夹紧试样的刀刃状夹具。

2.7 电流端子

采用四触点法时,电流通过试样,用于压紧试样的螺钉固定式夹具。

2.8 跨线电阻

连接标准电阻与未知电阻(试样)的导线电阻。

2.9 引线电阻

连接电压、电流端子和测定器及电源的导线电阻。

3 测量仪器

3.1 试样电阻不小于 10Ω 时,应采用惠斯登电桥;试样电阻小于 10Ω 时,应采用凯尔文电桥。

3.2 采用凯尔文电桥时,电压端子的刀刃应锐利,且相互平行,均垂直于试样轴线。

国家技术监督局 1995-04-11 批准

1995-12-01 实施

- 3.3 电压端子与相应的电流端子的间距不得小于试样横截面周长的 1.5 倍。
- 3.4 测量中,各种连接用导线电阻应尽可能小。凯尔文电桥中,跨线电阻应小于 $0.001\ \Omega$,引线电阻应小于 $0.002\ \Omega$,且测量结果应减掉跨线电阻值。
- 3.5 电桥测量系统总误差应不超过 $\pm 0.15\%$ 。总误差包括:标准电阻的校准误差、试样和标准电阻的比较误差,接触电势和热电势引起的误差,测量电流导致试样发热引起的误差。
- 一般生产检验时,电桥系统总误差可不超过 $\pm 0.30\%$ 。
- 3.6 温度计,精度为 0.1°C 。
- 3.7 外径千分尺, $0\sim 25\pm 0.01\ \text{mm}$ 。
- 3.8 检流计,指示误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。
- 3.9 精密天平。

4 试样

- 4.1 试样必须校直。当用手不能矫直时,可将试样置于木材、塑料等软质材料平面上,以轻微的力量矫直。
- 4.2 试样表面不得有肉眼可见,长度大于 $1\ \text{mm}$ 的裂纹或疵点,以及油脂、锈蚀等污物,以保证接触良好。
- 4.3 为保证测量准确性,试样应与电桥、标准电阻在同环境下至少放置 $1\ \text{h}$ 。
- 生产检验时,试样应与测量环境温度一致。
- 4.4 试样标距长度应不小于 $300\ \text{mm}$,其他尺寸应与测量设备相适应。
- 4.5 试样标距长度内(对于凯尔文电桥,即两电压端子间)的电阻应不小于 $0.00001\ \Omega$ 。
- 4.6 测定试样总长度 L_1 ,标距长度 L_2 ,测量误差应符合表 1 规定。
- 4.7 圆形截面的试样,在试样标距范围内测量直径,等间距取 5 个测量点,每个点沿相互垂直方向各测量一次,将 10 个数据的平均值作为试样的线性截面尺寸,然后计算截面积,结果保留三位有效数字。

异形截面的试样,其截面积按公式(1)计算:

$$A_{(t)} = \frac{m}{L_{1(t)} d_{S(t)}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中: $A_{(t)}$ ——测量温度 t 时试样的截面积, mm^2 ;

m ——试样质量, g ;

$L_{1(t)}$ ——测量温度 t 时的试样总长度, m ;

$d_{S(t)}$ ——测量温度 t 时的试样密度, kg/m^3 。

- 4.8 为了减小试样在空气中称重误差,考虑浮力影响。试样的质量按公式(2)计算:

$$m = \frac{m_A d_S (d_w - d_A)}{d_w (d_S - d_A)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: m_A ——在空气中测定的视在质量, g ;

d_S ——试样密度, kg/m^3 ;

d_w ——砝码密度, kg/m^3 ;

d_A ——空气密度, $1.2\ \text{kg}/\text{m}^3$ 。

一般生产检验时,可由天平直接测定。

- 4.9 试样的密度未知时,采用在空气中和已知密度的液体中称重测定试样密度。

在液体中悬挂试样的线应尽可能细。空气中称重时,挂线的延长部分应浸入同一液体中,以消除表面张力的影响。挂线直径超过 $0.05\ \text{mm}$ 时,应用直径为其 2 倍的挂线进行第 2 次称重,两次称重的重量

差应不超过试样在液体中视在质量的 $\pm 0.01[d_L/(d_s-d_L)]\%$ 。

试样的密度按公式(3)计算:

$$d_s = \frac{m_A d_{L(t)} - m_{L(t)} d_A}{m_A - m_{L(t)}} \dots\dots\dots (3)$$

式中: $m_{L(t)}$ ——在液体中测定的试样视在质量, g;

$d_{L(t)}$ ——测量温度 t 时的液体密度, kg/m^3 。

5 测量程序

5.1 测量温度

整个测量应在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 下进行, 并且在测定过程中保持稳定。

生产检验时, 允许在 $10 \sim 35^\circ\text{C}$ 中进行。

5.2 测量误差

各项测量误差极限应符合表 1 规定。

表 1 允许测量误差极限

参 数	仲 裁 检 验	生 产 检 验
长 度	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.10\%$
电 阻	$\pm 0.15\%$	$\pm 0.30\%$
截面积	$\pm 0.15\%$	$\pm 0.50\%$
使用已知试样密度时:		
空气中的质量	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.10\%$
试样长度	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.20\%$
试样密度	$\pm 0.12\%$	$\pm 0.45\%$
使用流体称重时:		
空气中的质量	$\pm 0.04 \frac{d_L}{d_s} \%$	$\pm 0.30 \frac{d_L}{d_s} \%$
液体中的质量	$\pm 0.08 \frac{d_L}{d_s - d_L} \%$	$\pm 0.30 \frac{d_L}{d_s - d_L} \%$
液体密度	$\pm 0.08\%$	$\pm 0.20\%$
温度引起的总误差	$\pm 0.06\%$	$\pm 0.25\%$
温度控制	$\pm 0.04\% (0.1^\circ\text{C})$	$\pm 0.15\% (0.4^\circ\text{C})$
温度校准	$\pm 0.04\%$	$\pm 0.15\%$
总误差:		
体积电阻率	$\pm 0.25\%$	$\pm 0.65\%$
质量电阻率	$\pm 0.20\%$	$\pm 0.45\%$
单位长度电阻	$\pm 0.20\%$	$\pm 0.40\%$

5.3 电流的选择

在满足测量系统灵敏度要求的情况下, 应尽量选择较小的测试电流, 以免使试样发热, 影响测量结果。

当测试电流增加 40% 时, 如果测出的电阻平均增加 0.06% 时, 则认为电流过大, 测量无效, 应选择更小的测试电流。

5.4 电阻的测量

闭合电流后,检流计上基本观察不到冲击,即达到平衡,方可读数,为了消除接触电势引起的测量误差,使电流正反换向一次,取两次读数的平均值。同一试样,应重复测量5次,取平均值作为最终结果。

生产检验时,电流正反换向一次,取两次读数的平均值。

6 测量结果及计算

6.1 一般规定

由于电阻及线性尺寸随温度变化,计算时应将温度 t 时测出的电阻值换算到标准温度 t_0 时电阻值。本标准规定 t_0 为 20°C 。而线性尺寸由于温差不大,且线性膨胀系数甚小,可忽略不计,即本标准中有关 L_1 、 L_2 的计算中,一律认为不随温度而变化。

6.2 电阻计算

标准温度 20°C 时试样标距长度上的电阻按公式(4)计算:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha_{20}(t - 20)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中: R_{20} —— 20°C 时试样标距长度上的电阻, Ω ;

R_t ——测量温度 t 时,试样标距长度的实测电阻减掉跨线电阻值, Ω ;

α_{20} —— 20°C 时试样的电阻温度系数,黑色金属线材制品其值为0.00455。

6.3 电阻系数的计算

根据4.6、4.7、6.2测定计算的 L_2 、 A 及 R_{20} , 20°C 时试样的电阻系数 ρ_{20} ,精确度应为 $0.001\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$,并按公式(5)计算:

$$\rho_{20} = \frac{A}{L_2} \cdot R_{20} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中: ρ_{20} —— 20°C 试样的电阻系数, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 。

6.4 质量电阻率的计算

根据4.6、4.8、6.2测定计算出的 L_1 、 L_2 、 m 及 R_{20} ,标准温度 20°C 时试样的质量电阻率 δ_{20} ,按公式(6)计算:

$$\delta_{20} = \frac{m}{L_1} \cdot \frac{R_{20}}{L_2} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中: δ_{20} —— 20°C 时试样的质量电阻率, $\text{g} \cdot \Omega/\text{m}^2$ 。

6.5 单位长度电阻计算

根据4.6、6.2测定计算出的 L_2 、 R_{20} ,标准温度 20°C 时试样的单位长度电阻 R_{L20} 按公式(7)计算:

$$R_{L20} = \frac{R_{20}}{L_2} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中: R_{L20} —— 20°C 时试样的单位长度电阻, Ω/m 。

7 试验记录及报告

7.1 试验记录一般应包括以下内容:

- a. 试样编号;
- b. 试样材料种类;
- c. 试样总长度,标距长度;
- d. 试样质量;

- e. 试样平均截面积,测定次数和测定温度下平均截面积的标准偏差;
- f. 测量方法:仲裁检验或生产检验;
- g. 测量时的环境温度;
- h. 电桥种类;
- i. 所选用电流的大小;
- j. 测量温度下试样的平均电阻值,测量次数及平均电阻的标准偏差;
- k. 换算成标准温度 20℃时试样的电阻值,电阻系数、质量电阻率或单位长度电阻等;
- l. 如果采用称重确定截面积时,还应有试样空气中的质量、液体中的质量(如采用的话)、砝码密度、液体密度、试样密度,依此计算出的截面积。

7.2 试验报告

试验报告一般应包括以下内容:

- a. 本标准号;
- b. 试样标记(如试样直径、长度等);
- c. 测量条件(如电桥名称、测量温度等);
- d. 测量结果(电阻值、电阻系数、质量电阻率或单位长度电阻等);
- e. 其他必要的试验记录内容。

附加说明:

本标准由中华人民共和国冶金工业部提出。

本标准由冶金工业部信息标准研究院归口。

本标准由冶金工业部金属制品研究院、冶金工业部信息标准研究院负责起草。

本标准主要起草人朱永刚、刘桂森、张守迁、李文明、高振英。

本标准水平等级标记 GB/T 351—1995 Y

(京)新登字 023 号

GB/T 351—1995

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
金属材料电阻系数测量方法
GB/T 351—1995

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

电 话:8522112

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1/2 字数 10 千字
1995 年 9 月第一版 1995 年 9 月第一次印刷
印数 1—2 500

*

书号: 155066·1-11840 定价 8.00 元

*

标 目 271—23



GB/T 351—1995