

绝缘材料电阻率的测量

概述

电阻率的测量方法是测量电阻，然后再考虑几何因素将其变换成表面电阻率或体积电阻率。测量绝缘材料电阻的理想方法是向样品施加一个已知的电压，再使用静电计或皮安计测量产生的电流。为了考虑样品的几何因素，应当使用尺寸方便的电极，例如吉时利公司的 8009 型电阻率测试盒。其电极满足 ASTM 标准 D257 “绝缘材料的直流电阻或电导”的要求。本节详细介绍如何使用这些测试夹具来进行表面电阻率和体电阻率的测量，以及测量电阻率时使用的变换极性和变换电压的技术。

体电阻率的测量

体电阻率是材料直接通过泄漏电流的能力的度量。体电阻率定义为边长 1 厘米的立方体绝缘材料的电阻，并表示为欧姆 - 厘米。测量体电阻率时，将样品放在两个电极之间，并在两个电极之间施加一个电位差。产生的电流将分布在测试样品的体内，并由皮安计或静电计来测量。电阻率则由电极的几何尺寸和样品的厚度计算出来：

$$\rho = \frac{K_V \cdot V}{I \cdot t}$$

其中： ρ = 体电阻率（欧姆 - 厘米）

K_V = 由测试盒的几何尺寸决定的体电阻率测试盒的常数（厘米²）

V = 施加的电压（伏特）

I = 测得的电流（安培）

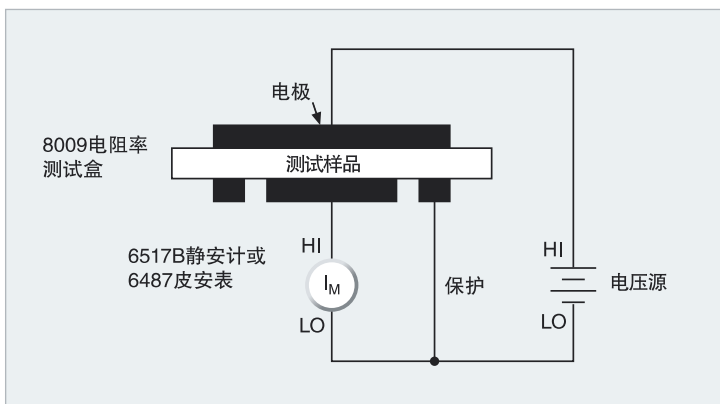
t = 样品的厚度（厘米）

图 1 介绍一种符合 ASTM D257 标准的测量体电阻率的配置情况。在此电路中，安培计的 HI 端连在底部的电极上，电压源的 HI 端连在顶部的电极上。安培计的 LO 端和电压源的 LO 端连在一起。底部的外电极连到保护端（安培计的 LO 端）以避免在测量中计入表面泄漏电流。

表面电阻率的测量

表面电阻率定义为材料表面的电阻，并表示为欧姆（通常称为方块电阻）。其测量方法是将两个电极放在测试样品的表面，在电极之间施加-

图 1. 体电阻率



个电位差，并测量产生的电流。表面电阻率计算如下：

$$\sigma = K_S \cdot \frac{V}{I}$$

其中： σ = 表面电阻率（欧姆）

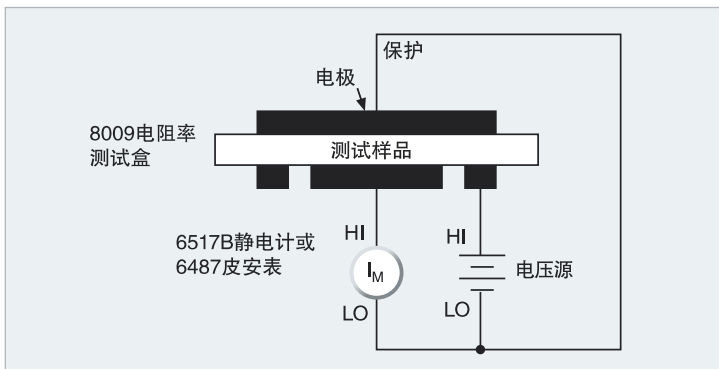
K_S = 由测试盒的几何尺寸决定的表面电阻率测试盒的常数

V = 施加的电压（伏特）

I = 测得的电流（安培）

图 2 是测量表面电阻率的配置情况。这个配置类似于进行体电阻率测量的电路，只是现在电阻是在底部的两个电极之间测量的。注意，顶部的电极接保护，所以只有流经绝缘体表面的电流才为皮安计所测量。

图 2. 表面电阻率



测试参数

体电阻率和表面电阻率的测量决定于几个因素。首先，它们是所加电压的函数。有的时候，我们有意地改变电压，以确定绝缘体电阻率对电压的依赖关系。电阻率还随着充电时间的长度而变化。由于材料按指数形式不断充电，所以施加电压的时间越长，测量出的电流就变得越低。

湿度对表面电阻率测量有重大的影响，对体电阻率的测量也有影响，只是其程度要小一些。湿度将使表面电阻率的测量结果比正常情况低一些。

为了对特定的测试工作进行准确的比较，在一次测试和另一次测试之间，施加的电压、充电时间和环境条件都应当保持恒定。

使用 8009 型电阻率测试盒

使用 8009 型电阻率测试盒时不需要进行样品准备工作。这个测试夹具提供标准化的电极配置，不需要在样品上喷涂电极或使用水银填充的环。使用这个测试夹具时，推荐的样品尺寸为直径 2.5 到 4 英寸，厚度可达 0.125 英寸。

某些特别硬的样品，如玻璃、环低树脂和陶瓷等需要在不锈钢电极和样品表面之间有一个接触面。8009 型备有顶部和底部电极的导电橡胶，以增强样品和测试夹具之间的表面接触。由于电极的面积变成了接触介质的面积，所以需要特别注意。如果与电极的配置和尺寸不同，系统提供的变换常数可能无效。

8009 型采用了一种安全互锁机构，在测试夹具的盖子关闭之前，高电压不能施加到电极上。此装置还对样品进行屏蔽，使其不受静电干扰的影响。

偏置修正技术

在测量电阻率非常高的材料时，背景电流可能会引起测量误差。背景电流可能是由材料中储存的电荷（介电吸收）、静电或摩擦电的电荷或压电效应引起的。背景电流可能等于或大于所加电压源激励出的电流。如果背景电流和测量的电流同极性，那么测量出的电流值将

会比真值大得多。如果背景电流是反极性的，那么这种不希望有的电流可能会引起反极性的电流读数。这就是说，电流的极性和所加电压的极性相反，于是计算出的电阻将为负值。为了解决这个问题，采用变换极性和变换电压的方法实际上可以消除背景电流对样品的影响。

变换极性法

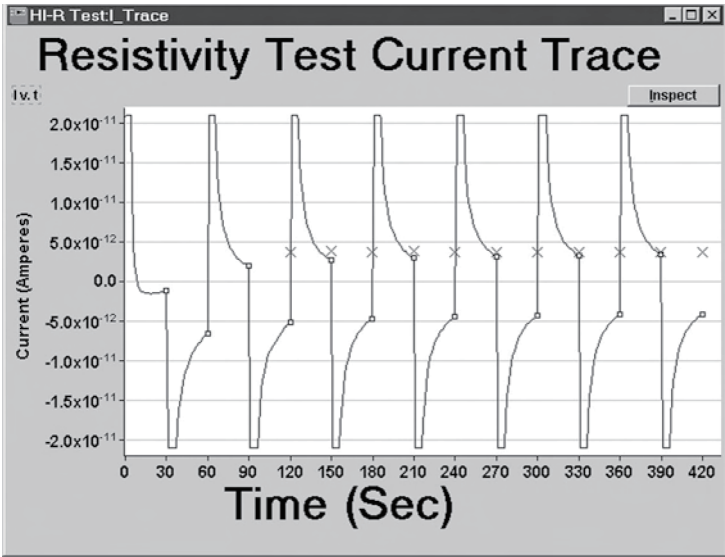
变换极性法施加一个正极性的偏置电压，然后在规定的延迟时间后测量电流。接着将极性反向，经过同样的延迟时间再测量电流。这种极性反过过程可以重复任意的次数。根据最近的电流测量结果，按照加权平均可以计算出电阻值。

6517B 型静电计与变换极性法已被做成一个现成的测试程序。使用这个方法，用户输入测试电压、测量时间和重复次数。仪器就计算出最后的电阻值并将其存入存储器。

6524 型高阻测试软件使用户能够观察由施加变换极性测试电压所产生的实际电流波形。典型的波形示于图 3。注意在使用正、负测试电压时电流的指数衰减情况。图中标记出的 X 表示根据最后几次测量结果的加权平均计算出的电流。

除了高阻测试之外，该软件还包括其它三种程序。高阻步进响应程序 (HI-R Step Response Program) 分析加上一个电压激励后产生的电流瞬变过程，并能用来确定对给定样品的合适的测量时间。高阻扫描测试 (HI-R Sweep Test) 程序能够在扫描下列参数之一的同时测量电流或电阻。可以扫描的参数有：变换极性的电压、偏置电压或测量时间。高阻、温度和相对湿度 (HI-R, T and RH) 程序可以画出电阻对时间的曲线，使用适当的探头还可以画出电阻对温度或相对湿度的曲线。

图 3. 由施加变换极性电压产生的实际电流波形



变换电压法

6487 型皮安计电压源具有内置的变换电压极性欧姆模式。这种模式将进行两次电流测量，一次在用户规定的测试电压下进行测量，另一次在 0V 下进行测量。这种模式通过确定由每个电压产生的 2 个电流差，可以消除掉背景电流的影响。