# 1021

## 1020314 稳态法测量不良导体的热导率实验

## 预习要点

① 说明式（４．５．１０）和式（４．５．１３）的成立条件，在实验中如何给予保证和满足？

② 式（４．５．１３）中的各物理量如何进行测量？如何知道系统已经达到稳定状态？操作时如何较快实现？

## 实验仪器

量热器、电子天平、温度计、数字三用表、加温器皿、冰、水桶、停表、干拭布等；稳态法实验装置。

## 实验原理

所谓稳态法，就是设法利用热源在待测样品内部形成不随时间改变的稳定温度分布，然后进行测量。

１８８２年法国数学、物理学家傅里叶给出了一个热传导的基本公式———傅里叶导热方程式。他指出，在物体内部，取两个垂直于热传导方向、彼此相距为ｈ、温度分别为Θ１、Θ２ 的平行平面（设Θ１＞Θ２），若平面面积均为Ｓ，则在δｔ时间内通过面积Ｓ的热量δＱ满足下述表达式：



式中，δＱ／δｔ为热流强度，ｋ称为该物质的热导率（又称导热系数）。数值上ｋ等于相距单位长度的两平面的温度相差１个单位时，在单位时间内通过单位面积的热量，其单位为Ｗ／（ｍ·Ｋ）。

本实验装置如图４．５．５所示。在支架Ｄ上先后放上圆铜盘Ｐ、待测样品Ｂ（圆盘形不良导体）和厚底紫铜圆盘Ａ。在Ａ的上方用红外灯Ｌ加热，使样品上、下表面分别维持在稳定的温度Θ１、Θ２，Θ１、Θ２ 分别用插入在Ａ、Ｐ侧面深孔中的热电偶Ｅ来测量。Ｅ的冷端浸入盛于杜瓦瓶Ｈ内的冰水混合物中。Ｇ为双刀双掷开关，用以换接上、下热电偶的测量回路。数字式电压图４．５．５ 稳态法测量热导率实验装置表Ｆ用来测量温差电动势。由式（４．５．１１）可知，单位时间内通过待测样品Ｂ任一圆截面的热流量为



式中，ｄＢ 为圆盘样品的直径，ｈＢ 为样品厚度。当传热达到稳定状态时，Θ１ 和Θ２ 的值不变，这时通过Ｂ盘上表面的热流量与由黄铜盘Ｐ向周围环境散热的速率相等。因此，可通过黄铜盘Ｐ在稳定温度Θ２ 时的散热速率来求出热流量δＱ／δｔ。实验中，在读得稳定时的Θ１、Θ２ 后，即可将样品Ｂ盘移去，而使筒Ａ的底面与盘Ｐ直接接触。当盘Ｐ的温度上升到高于稳定时的数值Θ２ 若干摄氏度后，再将筒Ａ移开，让盘Ｐ自然冷却。观测其温度Θ随时间ｔ的变化情况，然后由此求出黄铜盘在Θ２ 的冷却速率，而

（ｍＰ为黄铜盘Ｐ的质量、ｃ为其比热容）就是黄铜盘在温度为Θ２ 时的散热速率。但须注意，这样求出的是黄铜盘的全部表面暴露于空气中的冷却速率，其散热表面积为（ｄＰ 与ｈＰ 分别为黄铜盘Ｐ的直径与厚度）。然而，在观测样品稳态传热时，Ｐ盘的上表面（面积为πｄｐ２／４）是被样品覆盖着的。考虑到物体的冷却速率与它的表面积成正比，则稳态时黄铜盘散热速率的表达式应修正如下：



将式（４．５．１２）代入式（４．５．１１），得

## 实验内容

① 根据稳态法，必须得到稳定的温度分布，这就要等待较长的时间。为了提高效率，可先将红外灯的电源电压升高到２２０Ｖ，加热约５ｍｉｎ后再降至１１０Ｖ。然后，每隔２～５ｍｉｎ读一下温度示值，如在１０ｍｉｎ内，样品上、下表面温度Θ１、Θ２ 示值都不变，即可认为已达到稳定状态。记录稳定时的Θ１、Θ２ 值后，移去样品，再加热。当铜盘温度比Θ２ 高出１０℃左右时，移去圆筒Ａ，让黄铜盘Ｐ自然冷却。每隔３０ｓ读一次Ｐ盘的温度示值，最后选取邻近Θ２ 的测量数据来求出冷却速率。

② 安置圆筒、圆盘时，注意使放置热电偶的插孔与杜瓦瓶、数字毫伏表位于同一侧。热电偶插入小孔时，要抹些硅油，并插到插孔底部，使热电偶测温端与铜盘接触良好。热电偶冷端插在滴有硅油的细玻管内，再将玻管浸入冰水混合物中。

③ 样品圆盘Ｂ和黄铜盘Ｐ的几何尺寸，均可用游标卡尺多次测量取平均。铜盘的质量ｍ（约１ｋｇ）可用电子天平称衡。

④ 本实验选用铜 康铜热电偶测温度。热电偶测温的原理是：由两种不同导体或半导体图４．５．６ 热电偶温度计组成的闭合回路（见图４．５．６），如果它们的节点分别处于不同的温度θ０ 和θ，则回路就会有热电动势ε（θ，θ０）。通常取θ０＝０℃，称为冷端；θ置于被测介质，就可以用ε来确定介质的温度。在实际使用时，还需要在热电偶回路中引入不同材料的连接导线和显示仪表。可以证明：只要在热电偶回路中接入的中间导体两端温度相同，热电偶总回路的ε就不会发生改变。基于此，本实验对热电偶温度计作了改装，以增加使用寿命。温差电动势用数字电压表测量。对铜 康铜热电偶而言，温差１００℃时，其温差电动势约４．２ｍＶ，故应配用能读到０．０１ｍＶ，且量程不小于１０ｍＶ的数字电压表。

由于热电偶冷端温度为０℃，故对一定材料的热电偶而言，当温度变化范围不太大时，其温差电动势ε（ｍＶ）与待测温度θ（℃）的比值是一个常数。由此，在用式（４．５．１３）计算时，可直接以电动势值代表温度值。

## 思考题

① 由式（４．５．１３）导出的不确定度表达式出发，讨论被测胶木板热导率计算中误差主要来自哪项，为什么？

② 如胶木板与加热板的接触不平、造成中间存在空气夹层，将给测量带来正误差还是负误差？如何减小？

③ 稳态法也可用于金属的热导率测量。这时试样要比不良导体长得多，而且上下温度测试孔放在了被测棒上，这是为什么？一维传热的条件如何解决？