



中华人民共和国国家标准

GB/T 30109—2013/IEC 61788-8 Ed.2:2010

交流损耗测量 液氦温度下横向交变 磁场中圆形截面超导线总交流损耗的 探测线圈测量法

AC loss measurements—Total AC loss measurement of round
superconducting wires exposed to a transverse alternating magnetic
field at liquid helium temperature by a pickup coil method

(IEC 61788-8 Ed.2:2010, IDT)

2013-12-17 发布

2014-05-15 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 原理	3
5 装置	3
5.1 测试装置	3
5.2 探测线圈	3
5.3 补偿电路	4
6 样品制备	4
6.1 线圈样品	4
6.1.1 样品的绕制	4
6.1.2 线圈样品的形状	4
6.1.3 最大弯[曲]应变	4
6.1.4 样品端部横截面的处理	4
6.2 样品线圈骨架	4
7 测试条件	5
7.1 外加磁场	5
7.1.1 外加磁场的幅值	5
7.1.2 外加磁场方向	5
7.1.3 外加磁场波形	5
7.1.4 外加磁场频率	5
7.1.5 外加磁场的均匀度	5
7.2 样品的安装	5
7.3 测量温度	5
7.4 测试步骤	5
7.4.1 补偿	5
7.4.2 背景损耗的测量	6
7.4.3 损耗测量	6
7.4.4 标定	6
8 结果的计算	6
8.1 外加磁场的幅值	6
8.2 磁化强度	6
8.3 磁化曲线	6
8.4 交流损耗	6
8.5 磁滞损耗	7

8.6	耦合损耗和耦合时间常数 ^[5,6]	7
9	不确定度	7
9.1	综述	7
9.2	测量设备的不确定度	7
9.3	外加磁场的不确定度	7
9.4	测量温度的不确定度	7
10	测试报告	8
10.1	样品的标识	8
10.2	线圈样品结构	8
10.3	测试条件	8
10.4	结果	8
10.5	测量装置	9
10.5.1	探测线圈	9
10.5.2	测试系统	9
附录 A (资料性附录)	有关 1~10 章的补充信息	11
附录 B (资料性附录)	坡印亭矢量对交流损耗测量的解释 ^[10]	13
附录 C (资料性附录)	探测线圈法中几何误差的估算	14
附录 D (资料性附录)	推荐的磁化强度和交流损耗的标定方法	15
附录 E (资料性附录)	各类波形外加磁场的耦合损耗	17
附录 F (资料性附录)	不确定度考虑	18
附录 G (资料性附录)	探测线圈法交流损耗测量不确定度的估算 ^[22]	22
参考文献	24
图 1	样品线圈和探测线圈的标准布置	9
图 2	探测线圈法测量交流损耗的典型电路	10
图 C.1	计算几何系数 G 的等值线图例	14
图 D.1	由磁化曲线进行临界场的估算	16
图 E.1	周期为 $T=1/f$ 的外加磁场波形	17
表 F.1	两个标称一致的伸长计输出信号	19
表 F.2	两输出信号的平均值	19
表 F.3	两输出信号的试验标准偏差	19
表 F.4	两输出信号的标准不确定度	19
表 F.5	两输出信号的变化系数	20
表 G.1	探测线圈法相对不确定度的传递 ($\alpha=0.5$)	23

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 IEC 61788-8 Ed.2:2010《交流损耗测量 液氮温度下横向交变磁场中圆形截面超导线总交流损耗的探测线圈测量法》。

本标准做了编辑性修改。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

——GB/T 13811—2003 电工术语 超导电性(IEC 60050-815:2000,MOD)。

本标准由全国超导标准化技术委员会提出。

本标准由全国超导标准化技术委员会(SAC/TC 265)归口。

本标准负责起草单位：中国科学院电工研究所、中国科学院物理研究所。

本标准参加起草单位：西部超导材料科技有限公司、华北电力大学。

本标准主要起草人：王银顺、郑东宁、刘宜平、朱志芹、朱思华。

引 言

国际电工委员会超导技术委员会(IEC/TC 90)提出用磁强计和探测线圈方法来测量复合超导线在随时间变化的横向磁场中的交流损耗。它们代表了在最常见的磁场位形——横向场中测量各种影响交流损耗的初步标准化方法。

IEC/TC 90 决定将上述提议拆分为两个文件分别涵盖两种标准方法。其中之一用于描述磁滞损耗和在低频磁场(或低扫场速率)情况下总交流损耗的磁强计测量法;另一种方法用于描述在较高频磁场(或较高扫场速率)下总交流损耗的探测线圈测量方法。磁强计法测量频率范围为 0 Hz~0.06 Hz,探测线圈法测量频率范围为 0.005 Hz~60 Hz,重叠部分(0.005 Hz~0.06 Hz)是两种方法都可采用的频率范围。

本标准涉及的是探测线圈法。其涉及的交流损耗标准测试法部分基于先进材料和标准的凡尔赛计划(VAMAS)中关于 NbTi 复合超导体交流损耗标准化的前期工作^[1]。

交流损耗测量 液氦温度下横向交变 磁场中圆形截面超导线总交流损耗的 探测线圈测量法

1 范围

本标准规定了利用探测线圈法测量横向交变磁场中复合超导线总交流损耗的方法。损耗可能包括磁滞损耗、耦合损耗和涡流损耗。IEC 61788-13 已描述了只测量直流磁场或者低扫速率磁场中磁滞损耗的标准方法^[2]。

本标准适用于脉冲线圈和交流线圈中的金属和氧化物圆形截面超导线,在随时间变化(时变)的磁场和/或电流的应用中会产生交流损耗。在常规线圈应用的电磁位形中,交流损耗主要来自(时变)磁场。对于处于横向交变磁场中的超导线,本方法通常用在液氦温度、频率范围上限可达工频 50/60 Hz 的总交流损耗测量。采纳本方法测量的总交流损耗分为超导单丝中的磁滞损耗、丝间的耦合损耗和常导部分的涡流损耗。在超导线外没有厚度较大的正常导体包套的情况下,交流损耗主要是磁滞损耗和耦合损耗;由于每周耦合损耗与频率成正比,磁滞损耗部分可以通过在较低频率范围内所测得的交流损耗外推至频率为零时的损耗估算得到。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

IEC 60050-815:2000 电工术语 超导电性[International electrotechnical vocabulary (IEV)—Part 815: Superconductivity]

3 术语和定义

IEC 60050-815:2000 界定的术语和定义以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

交流损耗 AC loss

P

因随时间变化的磁场或电流,复合超导体中功率的消耗。

[IEC 60050-815:2000 中的 815-04-54]

3.2

磁滞损耗 hysteresis loss

P_h

超导体在变化磁场中出现的一种损耗,其每一周期内的损耗值和频率无关。

注:磁滞损耗由磁通钉扎导致超导材料的不可逆磁性所引起。

[IEC 60050-815:2000 中的 815-04-55]