



中华人民共和国国家标准

GB/T 21227—2021/IEC 61788-13:2012

代替 GB/T 21227—2007

交流损耗测量 多丝复合超导材料 磁滞损耗的磁强计测量法

AC loss measurements—Magnetometer methods for hysteresis loss in
superconducting multifilamentary composites

(IEC 61788-13:2012, Superconductivity—Part 13: AC loss measurements—
Magnetometer methods for hysteresis loss in superconducting
multifilamentary composites, IDT)

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

| | |
|----------------------------------|----|
| 前言 | I |
| 引言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 要求 | 3 |
| 4.1 目标不确定度 | 3 |
| 4.2 外加磁场的 uncertainty 和均匀性 | 3 |
| 4.3 VSM 的校准 | 3 |
| 4.4 温度 | 3 |
| 4.5 样品长度 | 4 |
| 4.6 样品取向和退磁效应 | 4 |
| 4.7 归一化体积 | 4 |
| 4.8 磁场循环或扫描方式 | 4 |
| 5 VSM 测量方法 | 4 |
| 5.1 总则 | 4 |
| 5.2 VSM 测量原理 | 4 |
| 5.3 VSM 样品制备 | 5 |
| 5.4 VSM 测量条件及校准 | 6 |
| 6 测试报告 | 7 |
| 6.1 总则 | 7 |
| 6.2 有关测试的基本情况 | 7 |
| 6.3 技术细节 | 7 |
| 附录 A (资料性) SQUID 测量方法 | 9 |
| 附录 B (规范性) 本方法推广到一般超导体的测量 | 10 |
| 附录 C (资料性) 不确定度考虑 | 11 |
| 参考文献 | 15 |

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 21227—2007《交流损耗测量 Cu/Nb-Ti 多丝复合线磁滞损耗的磁强计测量法》，与 GB/T 21227—2007 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 修改了统计学术语，用“不确定度(uncertainty)”代替了“准确度(accuracy)”(见第 4 章、6.3，2007 年版的第 4 章、6.2)；
- 增加了将本测量方法推广到一般超导体和 4.2 K 之外的测量温度(见附录 B)；
- 增加了不确定度考虑(见附录 C)。

本文件使用翻译法等同采用 IEC 61788-13:2012《超导电性 第 13 部分：交流损耗测量 多丝复合超导材料磁滞损耗的磁强计测量法》。

与本文件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 2900.100—2017 电工术语 超导电性(IEC 60050-815:2015, IDT)；
- GB/T 22587—2017 基体与超导体体积比测量 铜-铌钛(Cu/Nb-Ti)复合超导线铜-超[体积]比的测量(IEC 617885-5:2013, IDT)。

本文件做了下列编辑性修改：

- 为与现有的标准系列一致，将文件名称修改为《交流损耗测量 多丝复合超导材料磁滞损耗的磁强计测量法》；
- C.5 中的内容归入参考文献并重新编号，其在文中的引用也依据新编号做了相应调整。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国超导标准化技术委员会(SAC/TC 265)归口。

本文件起草单位：中国科学院物理研究所、华北电力大学、清华大学、西北有色金属研究院、中国电力科学研究院有限公司、中国科学院等离子体物理研究所、中国科学院电工研究所、中国测试技术研究院。

本文件主要起草人：李洁、王银顺、顾晨、郑东宁、李成山、丘明、刘华军、程军胜、郭乃理。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2007 年首次发布为 GB/T 21227—2007；
- 本次为第一次修订。

引 言

在开展横向磁场中(最常见的情形)交流损耗各部分贡献的测量方法标准化工作伊始,国际电工委员会超导技术委员会(IEC/TC 90)提出用磁强计法和探测线圈法测量铜-铌钛(Cu/Nb-Ti)复合超导线在随时间变化的横向磁场中的交流损耗。

经讨论,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)下总交流损耗的磁强计测量法;另一个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法。磁强计法测量频率范围为 0 Hz~0.06 Hz,探测线圈法为 0.005 Hz~60 Hz。重叠部分(0.005 Hz~0.06 Hz)是两种方法都可用的频率范围。

本文件所涉及的是磁强计测量法。

交流损耗测量 多丝复合超导材料 磁滞损耗的磁强计测量法

1 范围

本文件描述了运用直流或低扫场速率磁强计方法测量 Cu/Nb-Ti 多丝复合材料磁滞损耗的相关事宜。本文件规定了 Cu/Nb-Ti 多丝复合导体中磁滞损耗的一种测量方法。测量在温度为 4.2 K 或接近于 4.2 K 的圆形截面超导线上进行。直流或低扫场速率磁强计法使用的是超导量子干涉器件(SQUID)磁强计(见附录 A)或振动样品磁强计(VSM)。如果测量中发现用不同的(但均校准过的)磁强计所得的结果存在差异,则以外推至零扫场速率下的 VSM 测量结果为准。将本测量方法推广到一般超导体的规范详见附录 B。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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(所有部分) 国际电工术语(International electrotechnical vocabulary)(见<<http://www.electropedia.org>>)

IEC 61788-5 超导电性 第 5 部分:基体与超导体体积比测量 铜-铌钛(Cu/Nb-Ti)复合超导导线铜-超体积比的测量(Superconductivity—Part 5: Matrix to superconductor volume ratio measurement—Copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconductors)

3 术语和定义

IEC 60050-815 界定的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,复合超导体中损耗的功率。

注:每个磁场(变化)周期内的交流损耗标示为 Q 。虽然一般来说,所有这种损耗都不可避免地具有“磁滞性”,但复合超导材料中的交流损耗通常可分为磁滞损耗、涡流损耗以及耦合损耗(见 IEC 60050-815:2015 的 815-13-52 中注 1 和注 2),分别定义如下。

[来源:IEC 60050-815:2015, 815-13-52,有修改]

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,其值与交变磁场的频率成正比。

注 1:磁滞损耗由磁通钉扎导致超导材料的不可逆磁性所引起。

注 2:磁滞损耗仅发生于 Cu/Nb-Ti 复合材料的超导区,因此即使在没有基体材料的情况下也会存在磁滞损耗。每