



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41640—2022

## 临界电流测量 第二代高温超导长带 临界电流及其沿长度方向均匀性测量

Critical current measurement—Measurement of critical current and its  
uniformity along the length of 2G-HTS long tapes

2022-10-12 发布

2023-05-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 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 原理 .....	3
5 装置 .....	3
5.1 总则 .....	3
5.2 卷对卷系统 .....	4
5.3 低温系统 .....	4
5.4 测试系统 .....	4
5.5 预热烘干系统和氮气氛保护 .....	5
6 临界电流测量 .....	5
6.1 四引线组件各段长度(测试段及相关各段长度) .....	5
6.2 样品准备 .....	6
6.3 测量过程 .....	7
6.4 样品存放 .....	7
7 结果计算 .....	7
7.1 临界电流判据 .....	7
7.2 $n$ -值(选测) .....	9
7.3 长带临界电流的确定及其沿长度方向均匀性评估 .....	9
8 测量不确定度 .....	9
9 测试报告 .....	9
9.1 被测试样带详情 .....	9
9.2 测试结果 .....	10
9.3 测试条件 .....	10
附录 A(资料性) 第 1 章~第 9 章的补充信息 .....	12
附录 B(资料性) 非接触测量方法 .....	18
附录 C(资料性) 不确定度评定 .....	20
参考文献 .....	26

## 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。

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：上海上创超导科技有限公司、上海超导科技股份有限公司、苏州新材料研究有限公司、上海电缆研究所有限公司、中国船舶重工集团公司第七一二研究所、中国科学院电工研究所、中国科学院物理研究所、西部超导材料科技股份有限公司、中国科学院等离子体物理研究所、中国电力科学研究院有限公司、清华大学、华北电力大学、广东电网有限责任公司电力科学研究院、上海大学、上海交通大学。

本文件主要起草人：蔡传兵、张永军、赵跃、朱佳敏、熊旭明、李洁、宗曦华、郑军、张国民、刘志勇、李敏娟、闫果、刘华军、丘明、顾晨、王银顺、程军胜、陈思侃、胡南南、王玉山。

## 引 言

自 1987 年 Y-Ba-Cu-O(YBCO)发现以来的 30 年里,RE-Ba-Cu-O(REBCO,RE:稀土元素)超导体的实用化取得了重大发展,带材制备长度达到百米、甚至千米量级。为了区分以 Bi-2223 为代表的铋系第一代高温超导带材,通常称 REBCO 超导带材为第二代高温超导(2G-HTS)带材,也被称为涂层导体。现阶段 2G-HTS 带材已实现商业化生产。

2G-HTS 带材具有低损耗、高载流密度的优越性,但相对于常规导体或低温超导材料,由于 REBCO 超导体属于陶瓷材料,机械性能比较脆弱,极易受到损坏,而局部缺陷将影响整根带材的性能。

临界电流是表征 2G-HTS 带材超导性能的重要技术指标之一。传统的低温超导线材采用四引线法测量,是在线材首、尾两端取短样进行测量,而对于 2G-HTS 长带而言,其结果并不能代表线材整体的性能。因此,对 2G-HTS 长带进行临界电流及其均匀性的连续测量是十分必要的。

目前,2G-HTS 长带的临界电流的连续测量方法种类繁多,如传输法和感应法(又可细分为多种)等。不同厂家采用的测量方法不一样,测量标准的不统一不利于 2G-HTS 带材的规模化应用。因此,对临界电流及其沿长度方向均匀性测量进行规范,建立标准的测量方法十分必要且具有重大意义。

据此,本文件对测量装置、测量方法及结果计算等进行了规范。本文件的实施将有效促进 2G-HTS 带材的产业化发展。

# 临界电流测量 第二代高温超导长带 临界电流及其沿长度方向均匀性测量

**重要提示:**本文件的应用可能涉及某些有危险性的材料和操作。但并未对此有关的所有安全问题都提出建议。用户在使用本文件之前有责任制定相应的安全和保护措施,并明确其受限制的适用范围。

## 1 范围

本文件描述了一种测量单根长度不小于 10 m 的第二代高温超导(2G-HTS)长带的直流临界电流及其沿长度方向分布的方法(见第 4 章)。

本文件适用于测量宽度 2 mm~15 mm、厚度 0.1 mm~0.5 mm、临界电流小于 500 A、 $n$ -值大于 5、液氮温度下的过流能力至少是其标称临界电流的 1.5 倍的铜及铜合金封装带材。

本文件不适用于测量表面涂覆绝缘层的 2G-HTS 带材。

注 1:本方法可用于测量临界电流超过 500 A 的带材,但直流恒流源需能够提供足够高的电流,并且需要更加谨慎地设计保护电路,以防止测量过程中带材受损。

注 2:本方法的测量条件为一个标准大气压和自场,且测量部分全部浸入到液氮浴内,并处于稳定状态。在测量过程中大气压力出现偏离或有磁场存在的情况下,根据需要可以对测量结果进行修正。

注 3:其他的一些具体限制和辅助的测量方法,在附录 A 和附录 B 中给出。

## 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。

GB/T 2900.100—2017 电工术语 超导电性

## 3 术语和定义

GB/T 2900.100—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 临界电流 critical current

$I_c$

在超导体中,可视为几乎是无阻流动的最大直流电流。

注: $I_c$ 是磁场强度、温度和应变的函数。

[来源:GB/T 2900.100—2017,815-12-01]

### 3.2

#### 临界电流判据 critical current criterion

$I_c$ 判据  $I_c$  criterion

根据电场强度  $E$  或电阻率  $\rho$  确定临界电流  $I_c$  的判据。

注:常用的电场判据为  $E=10 \mu\text{V}/\text{m}$  或  $E=100 \mu\text{V}/\text{m}$ ,电阻率判据为  $\rho=10^{-14} \Omega \cdot \text{m}$ ,或  $\rho=10^{-13} \Omega \cdot \text{m}$ 。

[来源:GB/T 2900.100—2017,815-12-02]