

# 电工术语 超导电性

GB/T 2900.100-2017解读

# 内容

---

- 关于术语和术语标准
- 早期关于超导名词和术语定义的工作
- “超导名称术语”国家标准各版本制修订及发布情况
- 《电工术语 超导电性》所涵盖的术语子项目，及具代表性的超导电性术语的解读
- IEC正在修订中的60050-815第四版

# 关于术语和术语标准

---

- 术语 (terminology)

- 专门学科的专门用语。 (引证解释) 各门学科中用以表示严格规定的意义的专门用语。——汉语词典
- 在特定学科领域用来表示概念的称谓的集合，在我国又称为名词或科技名词。术语是通过语音或文字来表达或限定科学概念的约定性语言符号，是思想和认识交流的工具。——百度百科
- 术语可以是词，也可以是词组，用来正确标记生产技术、科学、艺术、社会生活等各个专门领域中的事物、现象、特性、关系和过程。

## • 术语的基本特征

### 专业性

术语是表达各个专业的特殊概念的，所以通行范围有限，使用的人较少。

### 科学性

术语的语义范围准确，它不仅标记一个概念，而且使其精确，与相似的概念相区别。

### 单义性

术语与一般词汇的最大不同点在于它的单义性，即在某一特定专业范围内是单义的。

(有少数术语属于两个或更多专业。)

### 系统性

在一门科学或技术中，每个术语的地位只有在这一专业的整个概念系统中才能加以规定。

### 本地性

术语往往由本民族的使用的文字构成的词汇（包括一些词素）构成。

# 关于术语和术语标准

---

## 术语标准 (terminology standard)

- standard that is concerned with terms, usually accompanied by their definitions, and sometimes by explanatory notes, illustrations, examples, etc. [SOURCE: ISO/IEC Guide 2:2004, 5.2]
- 术语标准是一种标准化的术语集，其中概念和术语一一对应，以避免歧义和误解。术语的标准化是标准化活动的基础。术语工作遵循统一的原则和方法，能够：
  - a) 以实际和有效的方式组织术语工作；
  - b) 在某一专业领域内及相关领域之间保持术语的一致性和逻辑上的完整性；
  - c) 有助于概念体系内的协调和不同语种术语间的协调；
  - d) 促进信息技术在术语工作中的有效应用。

# 早期的超导名词术语定义工作

---

## 《实用超导体名词术语的定义（之一）》

主要涉及：1.基本状态和磁通现象。2.临界参量。3.材料制备、稳定化和瞬变损耗。4.约瑟夫逊 (Josephson)现象。胡善荣 - 1982年《低温与超导》

## 《实用超导体名词术语的定义（之二）》

主要涉及：实用超导体临界温度、临界电流和临界磁场的测量。张朝兴 - 1982年《低温与超导》

## 《实用超导体名词术语的定义（之三）》

主要涉及：复合超导体，包括正常导体、未反应材料或原材、紧密结合的结构材料、扩散阻挡层、抑制流的合金及绝缘薄层等，以及复合超导体的形状。胡善荣 - 1983年《低温与超导》

## 《实用超导体名词术语的定义（之四）》

主要涉及：约瑟夫逊效应有关名词和术语。高天万 - 1983年《低温与超导》

# “超导名词术语” 标准编制

---

## 国际上：

IEC/TC1 Terminology (术语) ——发布标准IEC 60050系列，共229项。

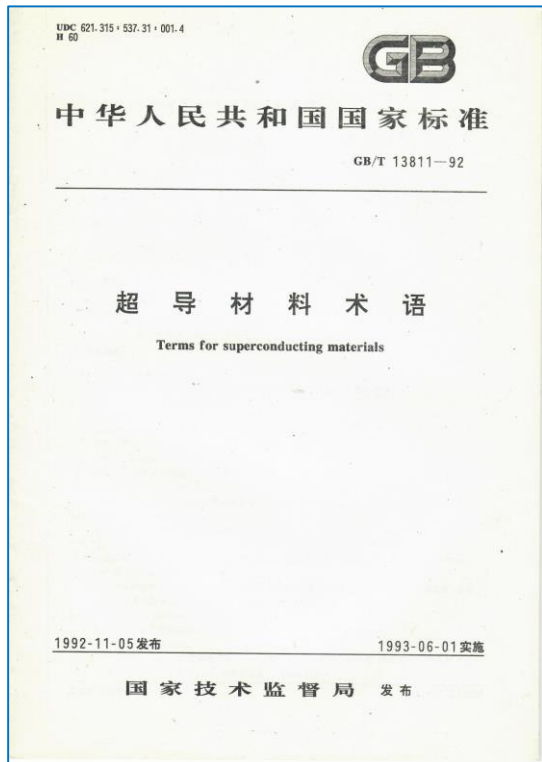
与IEC/TC90 Superconductivity (超导) 合作制定 **IEC 60050-815 International Electrotechnical Vocabulary -Part 815: Superconductivity** (目前正进行Ed.3修订)

## 中国国内：

SAC/TC232 全国电工术语标准化技术委员会—— 发布GB/T 2900系列标准。

2003年之前与“国家超导技术联合研究中心”、2003年之后与SAC/TC265 全国超导标准化技术委员会合作，制定《**电工术语 超导电性**》国家标准（目前已经发布版）

# “超导名词术语”国标——1992年第一版



GB/T 13811—92

## 附加说明：

本标准由中国有色金属工业总公司提出。

本标准由西北有色金属研究院和北京有色金属研究总院负责起草。

本标准主要起草人周廉、俞定安、汪京荣、刘古田、赵惠民、刘少云。

## 范围：

本标准规定了超导材料的一般术语。

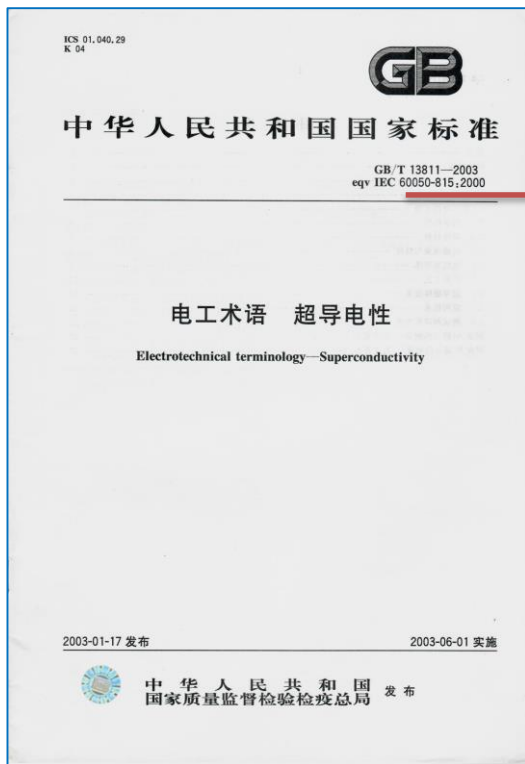
本标准适用于超导材料。

## 内容分为三部分：

基本概念（55）、临界参数（18）、超导材料（89）



# “超导名词术语”“国标——2003年第二版



是对IEC 60050-815的采标

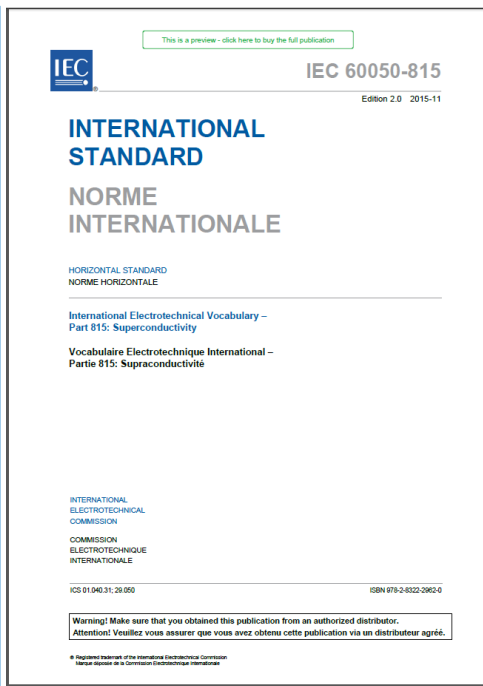
国家超导中心负责起草

参加起草的有中科院上海冶金所的张宏研究员、中科院物理所的杨乾声研究员、南京大学物理系的姚希贤教授、北京大学物理系的卫崇德教授、中国科学技术大学物理系的曹烈兆教授、西北有色金属研究院的汪京荣教授、北京有色金属研究总院的肖玲高工和国家超导中心办公室的刘宜平高工。

第一稿2000年6月完成，于2000年7月在IEC/TC90中国联络组第八次工作会议上讨论修改。会后又征求了洪朝生院士等部分专家的意见，并请TC232秘书长杨芙对专有名词的翻译和国标的编制提出修改意见。为了将本标准与国家“电工术语”系列标准中的“电线”、“电缆”等有关名词相协调，又委托上海冶金所张宏和上海电缆研究所的舒迎春一起对标准第四节“电线和导体”进行了仔细的推敲并提出了修改意见，形成国标第二稿。

2001年5月，IEC标准正式出版后，再一次修改形成征求意见稿。发到北京大学、清华大学、中国科技大学、南京大学、浙江大学、上海大学、西安交通大学、中科院物理所、中科院电工所、中科院上海冶金所、中科院低温中心、中科院合肥固体所、北京有色金属研究总院、西北有色金属研究院及TC232秘书处等15个单位的29位专家进行了评审。汇总整理了意见，并在此基础上于2001年12月在北京组织了专家讨论会，对征求意见稿进行了逐条的修改，形成了国标送审稿。

# “超导名词术语”“国标——2017年第三版



是对IEC 60050-815的采标 (仅是对第二版的修订)

中科院物理所李洁

10 超导性质 (Superconducting Properties)

12 电磁现象和性质(Electromagnetic Phenomena and Properties);

西部超导材料公司闫果和天津大学信赢

11 超导材料 (Superconducting materials)

13 线和导体 (Wires and conductors) ;

中科院电工所王秋良、张国民

14 工艺过程 (Production process)

15 磁体技术 (Superconducting magnet technologies) ;

南京大学陈健和中科院上海微系统所尤立星

16 应用技术 (Applied technology)

17 试验评估方法 (Test and evaluation methods) ;

2015年4月形成《电工术语 超导电性》国家标准初稿，向国内相关领域的数十位专家征求意见，共收回14位专家的意见。在5月25日就有争议的术语 fluxoid, critical field strength, Cooper pair专门听取了中科院物理所于禄和向涛两位权威专家的意见。在将专家意见整理之后，于6月9日在物理研究所召开专家讨论会，与会专家二十余名，来自11个不同的单位。会后 SAC/TC265秘书处对稿件进行修改，并于6月组织第二次意见征集，共收回11位专家的反馈意见。秘书处再次汇总意见并组织专家小范围讨论，与中科院等离子体所的毕延芳教授，多次邮件往来反复讨论，结合SAC/TC232的李桂芳老师的意见，最终于7月形成国家标准送审稿。

# 新旧国标的內容比较

GB/T 13811—2003

目次

前言	I
IEC 前言	II
IEC 引言	III
1 范围	1
2 超导电性术语	1
2.1 超导特性	1
2.2 超导材料	4
2.3 电磁现象与特性	6
2.4 电线和导体	8
2.5 产品工艺	12
2.6 超导磁体技术	14
2.7 应用技术	18
2.8 测试和评价方法	21
附录 A(提示的附录) 中文索引	23
附录 B(提示的附录) 英文索引	28

GB/T 2900.100—2017/IEC 60050-815:2015

目次

前言	I
1 范围	1
2 术语和定义	1
2.1 超导特性	1
2.2 超导材料	6
2.3 电磁现象与特性	8
2.4 线和导体	11
2.5 制造工艺	17
2.6 超导磁体技术	20
2.7 应用技术	26
2.8 测试和评价方法	31
参考文献	34
索引	35

两版国标的术语子项目划分基本一致，包括：**超导特性、超导材料、电磁现象与特性、线和导体、制造工艺、超导磁体技术、应用技术、测试和评价方法**

# GB/T 2900.100-2017主要内容

## 2.1 超导特性 (44)

完全抗磁性、超导电性、[超导\[的\] \(1\)](#)、[超导\[的\] \(2\)](#)、超导态、超导体、正常态、超导转变、临界温度、迈斯纳态、磁通排出、迈斯纳效应、持续电流、[磁通量子](#)、[类磁通](#)、[磁通涡旋\[线\]](#)、磁通涡旋[线]格子、混合态、中间态、超导凝聚能、临界场强度、第I类超导体、下临界场强度、上临界场强度、第II类超导体、库珀对、BCS理论、超导能隙、金兹堡—朗道理论、序参量、BCS相干长度、相干长度、伦敦穿透深度、金兹堡—朗道参数、干净超导体、脏超导体、约瑟夫森结、直流约瑟夫森效应、交流约瑟夫森效应、同位素效应、表面超导电性、邻近效应（超导体）、[饼涡旋](#)、[约瑟夫森涡旋](#)

2017版新增术语

815-10-03

**超导[的](1), 形容词 superconducting, adj**

描述呈现超导电性的材料或状态的形容词。

注：该词也用来描述一个包含超导组件的装置。

815-10-04

**超导[的](2), 形容词 superconductive, adj**

描述在一定条件下能呈现超导电性的材料的形容词。

注 1：“一定条件”指适当的温度、磁场强度、应变和电流密度。

注 2：英语的“superconducting”和“superconductive”在法语中都是同一个形容词“supraconducteur”。

注 3：该词也用来描述一个包含超导组件的装置。

815-10-14

磁通量子 flux quantum

$\Phi_0$

磁通的量子,等于  $h/2e$ , 其中  $h$  为普朗克常数,  $e$  为元电荷。

注: 磁通量子的值约等于  $2.067\ 830\ 215 \times 10^{-15}$  Wb。

[来源: IEC 60050-121:1998, 121-11-22, 有修订]

815-10-15

类磁通 fluxoid

通过回路  $C$  所包围面积的有效磁通  $\Phi_C = \Phi + \mu_0 \lambda^2 \int_C J \cdot dl$ 。式中  $\Phi$  是该面积中的磁通量,  $\lambda$  为穿

透深度,  $J$  是超导电流密度,  $\mu_0$  是磁常数,  $dl$  是矢量线元。

注 1: 超导体内的类磁通是量子化的, 其值为磁通量子  $\Phi_0$  的整数倍。

注 2: 有时候使用类磁通而不是磁通涡旋, 后者在超导体内远离表面时适用。

815-10-16

磁通涡旋[线] fluxon

涡旋线 vortex

磁通线 flux line

在超导体内量子化的磁通, 其值等于一个磁通量子。

注: 在物理学名词术语中“fluxon”也被称为“磁通量子”。

## fluxoid:

有专家建议译成“全磁通”而非“类磁通”, 后考证“-oid”是形容词和名词后缀, 意为resembling, 如spheroid是“椭球体”、“扁球体”, 因此新版仍旧保持原来的术语“类磁通”。

## fluxon:

在物理学名词术语中译成“磁通量子”, 后考虑到1. 这样与  $\phi_0$  不好区分; 2. 与其同义词“涡旋线”和“磁通线”相差太远, 因此新版仍旧保持原来的术语“磁通涡旋[线]”, 并增加了注释。



# GB/T 2900.100-2017主要内容

---

## 2.2 超导材料 (20)

超导元素、合金超导体、化合物超导体、有机超导体、氧化物超导体、钙钛矿超导体、铜氧面、铜氧化物超导体、p-型铜氧化物超导体、n-型铜氧化物超导体、[高温超导体](#)、[低温超导体](#)、A-15超导体、B-1超导体、拉夫斯相超导体、谢弗雷尔相超导体、富勒烯超导体、硼碳化合物超导体、

[二硼化镁超导体](#)、[铁基超导体](#)

---

2017版新增术语

815-11-11

高温超导体 **high temperature superconductor**

高  $T_c$  超导体 **high- $T_c$  superconductor**

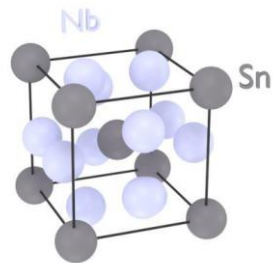
通常指临界温度高于 25 K 的超导体。

815-11-12

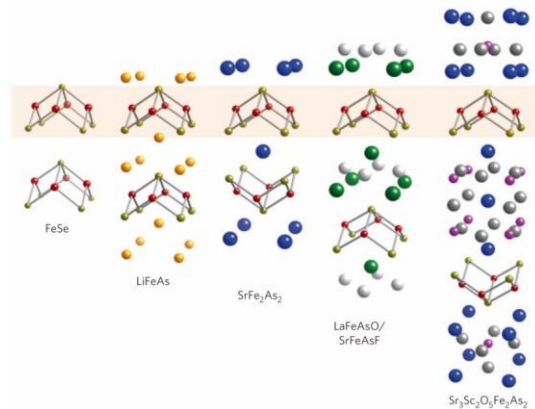
低温超导体 **low temperature superconductor**

低  $T_c$  超导体 **low- $T_c$  superconductor**

通常指临界温度低于 25 K 的超导体。



A-15超导体(Nb<sub>3</sub>Sn)



铁基超导体

# GB/T 2900.100-2017主要内容

---

## 2.3 电磁现象与特性 (31)

临界电流、 临界电流判据、 临界电流密度、 [传输临界电流密度](#)、 临界面、 临界态模型、 比恩模型、 金模型、 [磁化临界电流密度](#)、 n-值、 失超、 稳定材料、 恢复电流、 应力效应、 辐照效应、 洛伦兹力（作用于磁通涡旋上的）、 表面势垒、 钉扎中心、 磁通钉扎、 磁通蠕动、 磁通流动、 磁通跳跃、 钉扎力、 元钉扎力、 钉扎力密度、 钉扎力密度的标度律、 克拉默定律、 俘获磁通、 表面钉扎、 不可逆线、 [晶界弱连接](#)

2017版新增术语

815-12-04

传输临界电流密度 transport critical current density

$J_{ct}$

由电阻率或电压测量得到的临界电流密度。

815-12-09

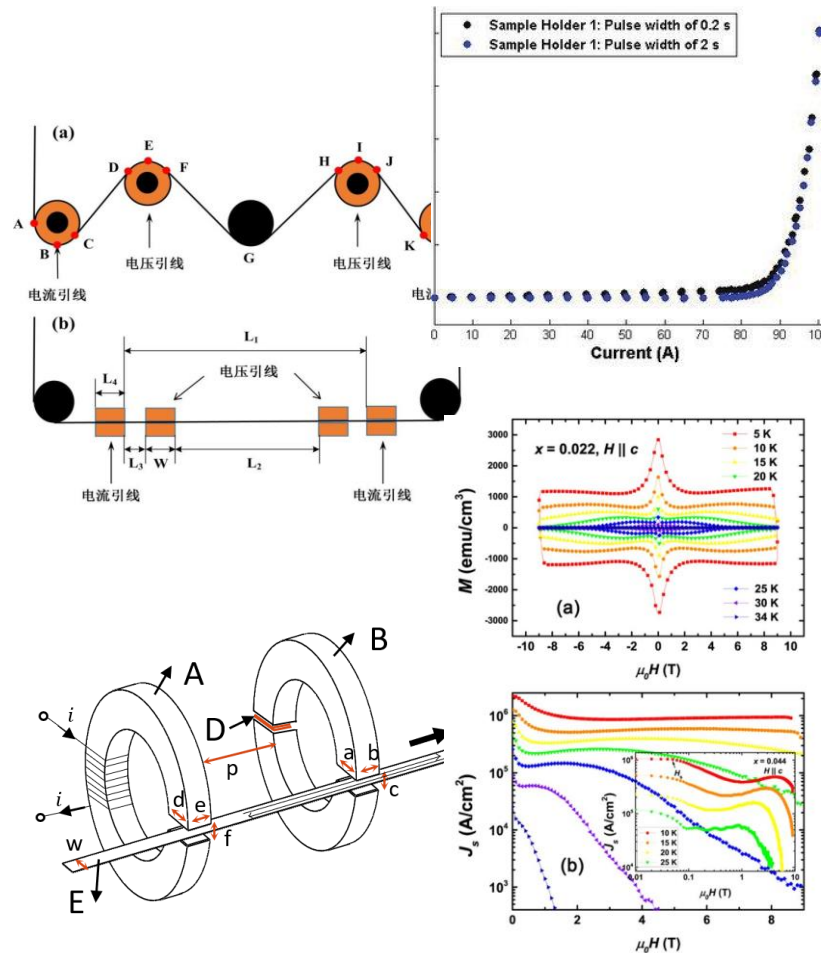
磁化临界电流密度 magnetization critical current density

$J_{cm}$

根据一定的理论模型(临界态模型),由磁化强度测量得到的临界电流密度。

注 1: 对非均匀或各向异性材料,  $J_{cm}$  不同于传输临界电流密度  $J_{ct}$ 。

注 2: 由于磁通蠕动导致电场强度不同,  $J_{cm}$  取值有时小于  $J_{ct}$ , 特别是对高温超导体。



# GB/T 2900.100-2017主要内容

---

## 2.4 线和导体 (66)

[导]线（用于超导有关的技术中）、导体（用于超导有关的技术中）、**电缆**（用于超导有关的技术中）、**同心绞合电缆**、**编织带**（用于超导有关的技术中）、**股线**（用于超导有关的技术中）、**无芯电缆**、**带状导体**、**中空导体**（用于超导有关的技术中）、**管状导体**、**紧凑圆形电缆**、**有芯电缆**、**里兹电缆**、**绞合导体**（用于超导有关的技术中）、**紧凑型绞合导体**、**梯形绞合导体**、**卢瑟福电缆**、**套管电缆**、**导体**、**复合超导体**、**超导[细]丝**、**超导线**、**超导电缆**、**稳定化超导线**、**绝缘超导线**、**迫冷超导线**、**机械增强超导线**、**超导膜**、**单芯超导线**、**多丝超导线**、**一体化超导线**、**三组元超导线**、**扭转超导线**、

# GB/T 2900.100-2017主要内容

---

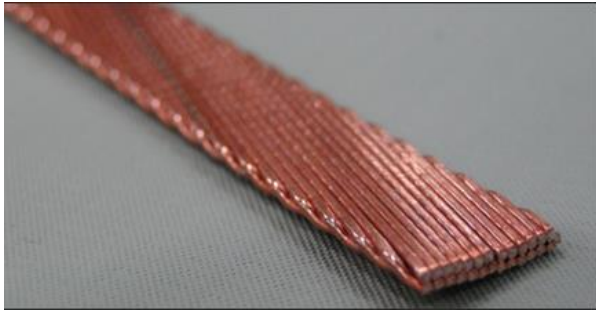
直流超导线、脉冲超导线、交流超导线、丝间距-直径比、基体（用于超导有关的技术中）、混合基体（用于超导有关的技术中）、基-超体积比、铜-超体积比、铜-非铜体积比、超导体体积百分比、扩散阻挡层、机械增强构件、包套（用于超导有关的技术中）、扭转、扭距、换位节距、纵横比、隅角半径、涡[电]流、交流损耗、磁滞损耗（用于超导有关的技术中）、涡流损耗（用于超导有关的技术中）、耦合电流、邻近效应耦合电流、耦合电流损耗、耦合时间常数、有效丝径、表面阻抗、剩余电阻率、剩余电阻比、超导块材、涂层导体、**勒贝尔电缆**、交流损耗能量密度

---

2017版新增术语



里兹电缆 Litz cable



卢瑟福电缆 Rutherford cable

815-13-13

里兹电缆 Litz cable

由多根三重绞合股线扭转而成的电缆。

815-13-17

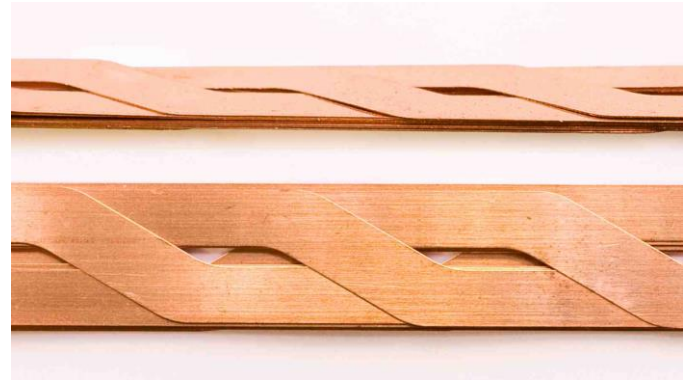
卢瑟福电缆 Rutherford cable

截面被展平成矩形的换位单层电缆。

815-13-65

勒贝尔电缆 Roebel cable

由扁截面导体组合而成的具有矩形横截面的换位导体。



勒贝尔电缆 Roebel cable

# GB/T 2900.100-2017主要内容

---

## 2.5 制造工艺 (33)

[拉拔](#)、旋锻、冷加工、锭、挤压、扭转加工、绞合、中间热处理、中间热处理、复合材料制备法、[青铜法](#)、化学气相沉积法、物理气相沉积法、原位法、离位法、粉末冶金法、外扩散法、[套管法](#)、[内锡法](#)、渗透法、包卷法、熔融织构生长法、织构控制、熔融法、焙烧、前驱物、烧结、溶胶-凝胶法、共沉淀法、喷雾干燥法、喷雾热分解法、冷冻干燥法、等离子体喷雾法

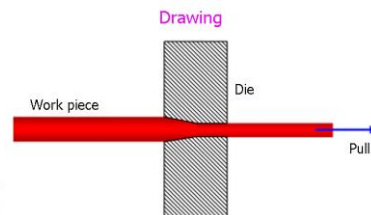


815-14-11

### 青铜法 bronze process

通过铌丝和青铜基体之间的反应,制备  $Nb_3Sn$  超导线材的工艺。

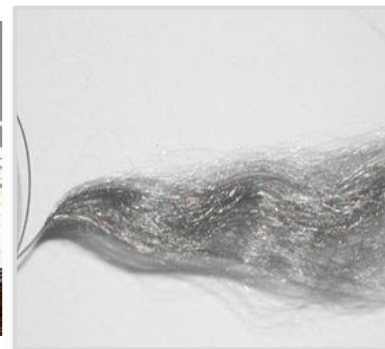
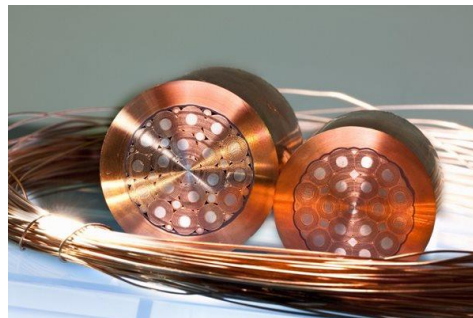
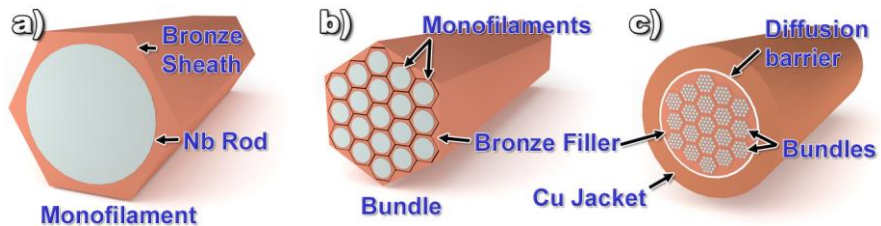
注:类似的方法也用于制备  $V_3Ga$  超导线材。



815-14-01

### 拉拔 drawing

减小塑性金属或复合材料横截面的工艺。方法是将线材、棒材或管材经由横截面更小的模具拉伸。



# GB/T 2900.100-2017主要内容

## 2.6 超导磁体技术 (57)

低温制冷、低温制冷机、冷头、冷却通道、传热、浸泡致冷、传导冷却、对流冷却、核沸腾、膜沸腾、辐射冷却、辐射屏、剩余气体、剩余气体传热、真空绝热、多层绝热、超临界氦、超流氦、稳定化（用于超导有关的技术中）、全稳定化、绝热稳定化、动态稳定化、磁扩散率、磁扩散时间常数、热扩散时间常数、电流分流、什泰克利稳定性判据、麦多克稳定性判据、等面积定理、正常区传播速度、热崩溃、最小传播区判据、纵向传播、横向传播、绝热温升、保护电路、分区技术、分级技术、外电阻、次级耦合线圈、焦耳加热、先绕后反应工艺、先反应后绕工艺、真空浸渍、湿法绕制、绝缘体、隔离物、[电流引线](#)、[锻炼效应](#)、退化（用于超导有关的技术中）、[低温\[恒温\]容器](#)、[无冷剂的超导磁体](#)、[失超探测器](#)、小型制冷机、电流转移（在超导线相关技术中）、磁化强度（超导体）、持续模式运行

2017版新增术语

反映了超导技术的进步

815-15-48

### 电流引线 current lead

将电流由室温引入低温器件的导体。

注：蒸气焓冷引线——电流引线在长度方向上有流体通道，可利用低温容器中蒸发的冷气的焓来冷却引线，以减少进入低温容器中冷剂和器件的热通量。

815-15-49

### 锻炼效应 training effect

在超导线圈经历若干次热循环或励磁并失超后，超导线圈的运行特性得到改善的效应。

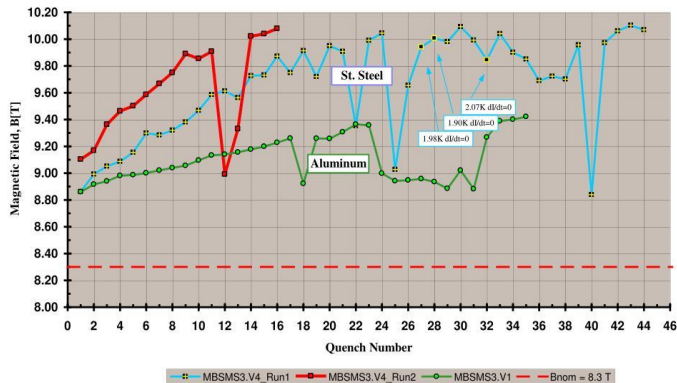
注 1：运行特性的改善通常指超导线的载流能力趋向于短样特性。

注 2：短样特性——处于与电流方向垂直的背景磁场下，通常在小于几米长的短样上测量到的超导线的载流能力。



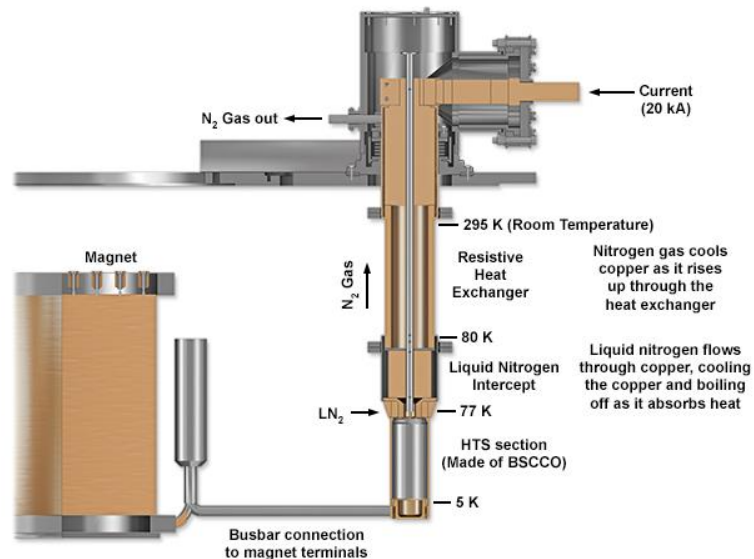
## Training of an early LHC dipole magnet

MBSMS3.V1 and MBSMS3.V4  
Training Curve @ 1.8K (including "de-training" test)



Martin Wilson Lecture 2 slide4

Superconducting Accelerators: Cockcroft Institute June 2006



# GB/T 2900.100-2017主要内容

## 2.7 应用技术 (56)

线圈、磁体、超导磁体、螺线管、饼状线圈、分离对线圈、亥姆霍兹线圈、鞍形线圈、跑道形线圈、偶极磁体、四极磁体、环形线圈、极向场线圈、补偿线圈、浸渍线圈、脉冲磁体、混合型线圈、超导电动机、超导发电机、**超导电力电缆**、超导通讯电缆、超导变压器、超导故障电流限制器、超导磁能存储、核聚变发电、磁流体发电、超导磁悬浮列车、超导粒子加速器、超导谐振腔、粒子探测器、回旋加速器、回旋管、同步加速器、同步辐射装置、核磁共振仪、磁共振成像仪、超导高梯度磁分离、磁通泵、冷子管、持续电流开关、超导磁屏蔽、超导三极管、超导存储器、超导体-绝缘体-超导体混频器、单磁通量子器件、超导量子干涉器件、约瑟夫森电压标准、磁轴承、**超导微波谐振器**、**超导微波滤波器**、**超导微波天线**、**超导微波延迟线**、**超导电阻转变沿传感器**、**超导隧道结探测器**、**超导MCZ**、**超导量子比特**

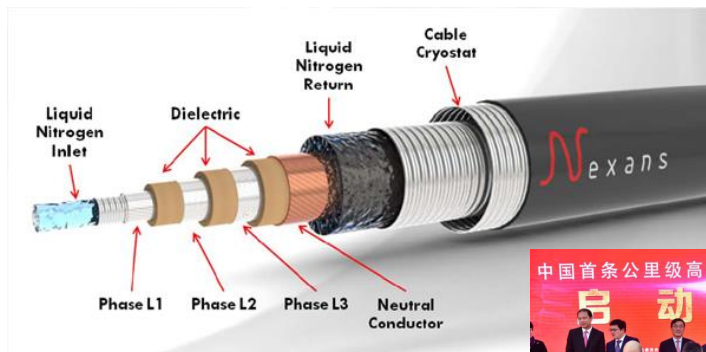
2017版新增术语

反映了超导技术的进步

815-16-20

### 超导电力电缆 superconducting power cable

利用超导体制成的电力电缆。

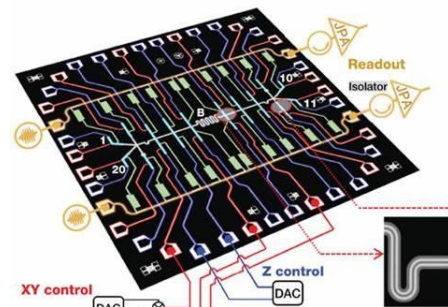
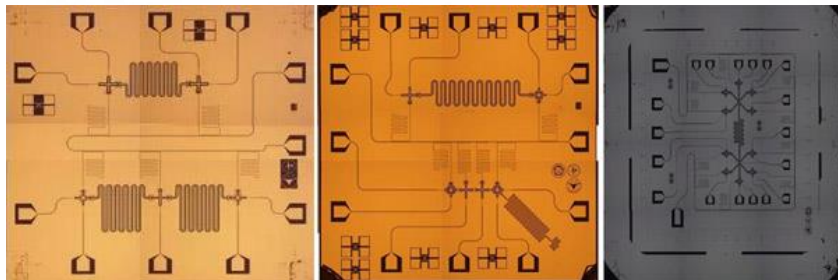


815-16-56

### 超导量子比特 superconducting qubit

由包含约瑟夫森结的超导电路组成的量子计算系统中的量子信息单元。

注：超导量子比特根据其依赖的量子自由度而分为三种不同类型。第一类用库珀对的数目来确定状态(电荷量子比特)；第二类用超导环路中持续环流的方向(磁通量子比特)；第三类用约瑟夫森结中电极两端间相位差的量子振荡所决定的状态(相位量子比特)。



# GB/T 2900.100-2017主要内容

## 2.8 测试和评价方法 (20)

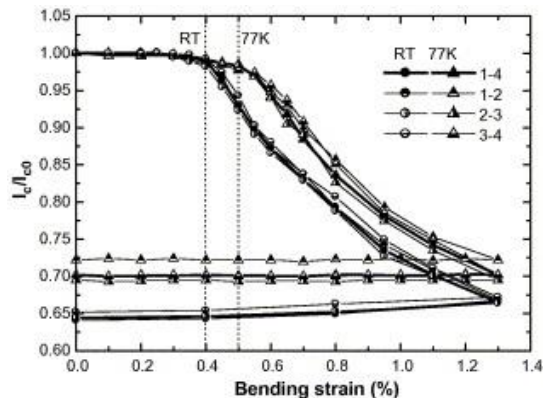
自然工程应变、标称工程应变、弯曲应变、**最大弯曲应变**、锯齿应力图、应力状态、  
断裂韧度、柔度法、S-N曲线、电阻法、磁化率、直流磁化率测量方法、交流磁化率、  
交流磁化率测量方法、测量交流损耗密度的磁化强度法、测量交流损耗的量热法、  
俘获磁通密度测试法、标准双谐振器法、测量的不确定度、磁扫描技术

### 2017版新增术语

815-17-04

最大弯曲应变 **maximum bending strain**

当一个超导体弯曲时,临界电流  $I_c$  的变化仍能保持可逆的最大应变。



# IEC正在修订中的60050-815第四版

## CONTENTS

FOREWORD.....	
INTRODUCTION.....	
SECTION 815-20 – SUPERCONDUCTING PROPERTIES.....	
SECTION 815-21 – SUPERCONDUCTING MATERIALS.....	
SECTION 815-22 – ELECTROMAGNETIC PHENOMENA AND PROPERTIES.....	
SECTION 815-23 – WIRES AND CONDUCTORS.....	
SECTION 815-24 – PRODUCTION PROCESS.....	
SECTION 815-25 – TECHNOLOGIES FOR SUPERCONDUCTING MAGNETS AND POWER DEVICES.....	
SECTION 815-26 – TECHNOLOGIES FOR SUPERCONDUCTOR ELECTRONICS .....	
SECTION 815-27 – APPLIED TECHNOLOGIES FOR SUPERCONDUCTING MAGNETS AND POWER DEVICES.....	
SECTION 815-28 – APPLIED TECHNOLOGIES FOR SUPERCONDUCTOR ELECTRONICS.....	
SECTION 815-29 – TECHNOLOGIES FOR COOLING.....	
SECTION 815-30 – TEST AND EVALUATION METHODS.....	

超导技术分为基础和应用两大部分，而每一部分又分为磁体和电力装置及超导电子学两个分支。

SECTION 815-15 – SUPERCONDUCTING MAGNET TECHNOLOGIES

SECTION 815-16 – APPLIED TECHNOLOGY

(随着超导领域的技术进步，超导术语标准重新划分子项目)

SECTION 815-17 – TEST AND EVALUATION METHODS

截止到2019年10月23日

# IEC正在修订中的60050-815第四版

---

## 新增的术语:

normal state resistance, quasiparticle, Nb-Ti, Nb<sub>3</sub>Sn, bismuth-based oxide superconductor, REBCO, sulfur trihydride superconductor, magnetization <superconductor>, Joule heating, subgap region, subgap current, surface impedance 未完待续 : )