

ICS 29.030  
CCS K 14

# 团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

## 高频低损耗软磁复合材料技术规范

Technical specification for high-frequency low-loss soft  
magnetic composite

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本作品著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：[www.ctm.org.cn](http://www.ctm.org.cn) 电子信箱：[136162004@qq.com](mailto:136162004@qq.com)

## 目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
4.1 环境要求	2
4.2 材料要求	2
4.3 安全要求	2
5 系统结构与功能	2
5.1 结构组成	2
5.2 功能要求	2
6 技术要求	2
6.1 外观	2
6.2 主要性能要求	2
6.3 尺寸及公差	3
6.4 动平衡	3
6.5 电磁兼容	3
7 试验方法	3
7.1 试验环境	3
7.2 外观检验	3
7.3 性能试验方法	3
7.4 尺寸及公差试验方法	3
7.5 动平衡试验方法	3
7.6 电磁兼容试验方法	4
8 检验规则	4
8.1 检验分类	4
8.2 出厂检验	4
8.3 型式检验	4
8.4 抽样方法	4
8.5 判定规则	4
8.6 检验报告	4

## 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。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：江西尚朋电子科技有限公司、北京中研博采技术服务有限公司、北京六只猫创意科技有限公司、北京彬诚科技有限公司、郑州桐晟技术服务有限公司。

本文件主要起草人：王宏、窦海之、乐志斌、夏卫彬、杨笛。

# 高频低损耗软磁复合材料技术规范

## 1 范围

本文件规定了高频低损耗软磁复合材料的基本要求、系统结构与功能、技术要求、试验方法、检验规则。

本文件适用于频率范围为10 kHz~1 MHz、用于电子器件的高频低损耗软磁复合材料的研发、生产和检测。

## 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 191 包装储运图形符号标志

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 3658 软磁金属材料和粉末冶金材料20Hz~100kHz频率范围磁性能的环形试样测量方法

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 9239.1 机械振动 恒态（刚性）转子平衡品质要求 第1部分：规范与平衡允差的检验

GB/T 13012 软磁材料直流磁性能的测量方法

GB/T 17625.1 电磁兼容限值 第1部分：谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16A）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**高频低损耗软磁复合材料** high-frequency low-loss soft magnetic composite

由软磁粉末与树脂、氧化物等绝缘介质复合而成，具有高磁导率、低损耗、适用于高频应用场景的磁性材料。

### 3.2

**比损耗** specific loss

单位质量或单位体积的软磁材料在交变磁场中因磁滞和涡流效应所消耗的能量。

注：通常以kW/m<sup>3</sup>或W/kg表示。

### 3.3

**磁导率** permeability

软磁材料在外加磁场作用下的磁化能力，通常以初始磁导率  $\mu_i$ 、有效磁导率  $\mu_e$  等形式表示。

## 4 基本要求

### 4.1 材料要求

高频低损耗软磁复合材料的原材料应符合下列规定：

- a) 软磁粉末：磁导率高，饱和磁感应强度 $B_s \geq 1.2 \text{ T}$ ，矫顽力 $H_c \leq 50 \text{ A/m}$ ，粉末粒径分布均匀，优选铁硅、铁硅铝、铁镍、非晶/纳米晶等体系；
- b) 绝缘包覆层：绝缘性能良好，厚度均匀，能承受 $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上高温，电阻率 $\geq 10^{12} \text{ } \Omega \cdot \text{cm}$ ；
- c) 粘结剂：耐高温、耐老化，热稳定性好，不影响磁性能，热分解温度 $\geq 300 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

### 4.2 安全要求

软磁复合材料应满足电气绝缘、耐压、阻燃和环保等安全要求，符合相关电子材料安全标准。

### 4.3 环境要求

高频低损耗软磁复合材料在以下环境条件下应能正常工作：

- a) 环境温度： $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $\leq 90\%$ （无凝露）。

## 5 系统结构与功能

### 5.1 结构组成

高频低损耗软磁复合材料通常为压制成型的磁芯或器件，结构包括但不限于：

- a) 磁粉本体；
- b) 绝缘包覆层；
- c) 粘结剂基质；
- d) 成型后的磁芯结构（如E型、环形、U型、棒状等）。

### 5.2 功能要求

高频低损耗软磁复合材料应具备以下功能特性：

- a) 高磁导率：初始磁导率 $\mu_i \geq 100$ ，有效磁导率 $\mu_e \geq 50$ （视器件结构而定）；
- b) 低损耗：在 $100 \text{ kHz}$ 、 $100 \text{ mT}$ 条件下，比损耗 $P_{cv} \leq 500 \text{ kW/m}^3$ （或 $\leq 300 \text{ mW/cm}^3$ ）；
- c) 高频稳定性：在 $1 \text{ MHz}$ 频率下仍保持较低损耗和较好磁导率；
- d) 良好的温度稳定性：在 $-40 \text{ }^\circ\text{C} \sim +125 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内，磁性能变化率 $\leq \pm 10\%$ ；
- e) 可加工性：可压制、切割、打孔，适应自动化生产。

## 6 技术要求

### 6.1 外观

高频低损耗软磁复合材料外观应符合下列规定：

- a) 表面应平整、光滑，无明显裂纹、气孔、分层、异物或变形；
- b) 边缘整齐，无掉粉、掉渣现象；
- c) 颜色均匀一致，无明显色差。

### 6.2 主要性能要求

高频低损耗软磁复合材料的主要性能应符合表1要求。

表1 高频低损耗软磁复合材料主要性能指标

项目	指标要求
初始磁导率 $\mu_i$	$\geq 100$
有效磁导率 $\mu_e$	$\geq 50$ (按器件结构)
饱和磁感应强度 $B_s$	$\geq 1.2$ T
矫顽力 $H_c$	$\leq 50$ A/m
比损耗 $P_{cv}$ (100 kHz, 100 mT)	$\leq 500$ kW/m <sup>3</sup>
比损耗 $P_{cv}$ (300 kHz, 50 mT)	$\leq 300$ kW/m <sup>3</sup>
比损耗 $P_{cv}$ (1 MHz, 30 mT)	$\leq 800$ kW/m <sup>3</sup>
温度稳定性 (-40 °C ~ +125 °C)	磁性能变化 $\leq \pm 10\%$
电阻率	$\geq 10^{12}$ $\Omega \cdot \text{cm}$

### 6.3 尺寸及公差

高频低损耗软磁复合材料成型器件的尺寸及公差应符合下列要求：

- 成型磁芯的尺寸应符合设计图纸或供需双方技术协议要求；
- 尺寸公差应按照GB/T 1804中m级（中等精度）或更严格等级执行；
- 关键装配尺寸应单独标注公差，并在产品技术文件中明确规定；
- 对于高精度应用（如航空航天、超高频电源），公差等级可提升至f级（精密级）。

### 6.4 动平衡

对于用于旋转场合的磁芯，其动平衡性能应满足转子不平衡量 $\leq 1 \text{ g} \cdot \text{mm}$ ，符合GB/T 9239.1要求。

### 6.5 电磁兼容

软磁复合材料在工作频率下应能控制高频谐波与电磁干扰，电流谐波含量应符合GB 17625.1的要求。

## 7 试验方法

### 7.1 试验环境

除非另有规定应满足，试验应在该环境条件下进行：温度 $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ，相对湿度45%~75%。

### 7.2 外观检验

采用目测法，在自然光或光照度不低于300 lx的白光下，观察距离300mm~500 mm，视角 $45^\circ \sim 90^\circ$ 。

### 7.3 性能试验方法

主要性能试验方法应符合表2规定。

表2 主要性能试验方法

项目	试验方法	参考标准
初始磁导率 $\mu_i$	使用阻抗分析仪或LCR表测试	GB/T 3658
有效磁导率 $\mu_e$	在相应磁路结构中测量电感与频率关系	由供需双方确定
饱和磁感应强度 $B_s$	采用振动样品磁强计（VSM）或B-H回线仪	GB/T 3658
矫顽力 $H_c$	B-H回线测试	GB/T 3658
比损耗 $P_{cv}$	使用高功率损耗测试系统测量	GB/T 3658
温度稳定性	高低温试验箱测试不同温度下磁性能	GB/T 2423.1 / GB/T 2423.2
电阻率	四探针法或体积电阻测试仪	GB/T 13012
密度	排水法或精密称量法	GB/T 3658

### 7.4 尺寸及公差试验方法

使用千分尺、游标卡尺、投影仪、三坐标测量仪等工具，按GB/T 1804中m级公差要求进行测量。

### 7.5 动平衡试验方法

按GB/T 9239.1的规定进行动平衡测试。

## 7.6 电磁兼容试验方法

使用电磁兼容测试设备，测量高频工作下的谐波电流与干扰，符合GB 17625.1要求。

## 8 检验规则

### 8.1 检验分类

分为出厂检验、型式检验两类。

### 8.2 出厂检验

每批次产品出厂前应进行如下项目检验：外观、尺寸、磁导率、比损耗、电阻率。

### 8.3 型式检验

在下列情况下应进行型式检验，检验项目包括本文件所有要求。

- a) 新产品定型或老产品转厂生产；
- b) 关键原材料、工艺、设备发生重大变更；
- c) 正常生产时，每12个月至少一次；
- d) 用户或监管部门提出要求时。

### 8.4 抽样方法

按GB/T 2828.1规定，采用逐批检验抽样计划，AQL值由供需双方商定。

### 8.5 判定规则

应符合下列要求：

- a) 检验项目全部合格，判定为合格；
- b) 若出厂检验某项不合格，应加倍抽样复检，复检仍不合格则整批判为不合格；
- c) 型式检验任一项不合格，该型号产品判为型式检验不合格。

### 8.6 检验报告

检验报告应包括：产品名称、型号、批次号、检验项目、方法、数据、结论、检验员及日期。

---