

# 中华人民共和国国家军用标准

FL 6112

GJB 1931B—2024

代替 GJB 1931A—2006

## 软磁铁氧体磁心通用规范

General specification for soft-ferrite cores

2025—01—07 发布

2025—03—01 实施



中央军委装备发展部 颁布

## 目 次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 前言                    | II |
| 1 范围                  | 1  |
| 2 引用文件                | 1  |
| 3 要求                  | 1  |
| 3.1 总则                | 1  |
| 3.2 原材料               | 1  |
| 3.3 设计和结构             | 1  |
| 3.4 外观质量              | 2  |
| 3.5 电磁性能              | 2  |
| 3.6 机械强度              | 3  |
| 3.7 温度冲击              | 3  |
| 3.8 稳态湿热              | 3  |
| 3.9 盐雾(规定时)           | 3  |
| 3.10 霉菌(规定时)          | 3  |
| 3.11 标志               | 3  |
| 3.12 加工质量             | 3  |
| 4 质量保证规定              | 4  |
| 4.1 检验分类              | 4  |
| 4.2 检验条件              | 4  |
| 4.3 鉴定检验              | 4  |
| 4.4 质量一致性检验           | 5  |
| 4.5 检验方法              | 7  |
| 5 交货准备                | 10 |
| 5.1 包装                | 10 |
| 5.2 装箱                | 11 |
| 5.3 运输和储存             | 11 |
| 6 说明事项                | 11 |
| 6.1 预定用途              | 11 |
| 6.2 分类                | 11 |
| 6.3 磁心电磁性能            | 11 |
| 附录 A (规范性附录) 机械强度试验方法 | 13 |

## 前 言

本规范代替 GJB 1931A—2006《软磁铁氧体磁心通用规范》。

本规范与 GJB 1931A—2006 相比，主要有下列变化：

- a) 增加了电阻率测试样品尺寸的规定(见 3.3.2.2)；
- b) 修改了鉴定检验项目、分组和抽样数(见 4.3，原标准见 4.3)；
- c) 增加了盐雾和霉菌试验要求(见 3.9、3.10)及方法(见 4.5.7、4.5.8)；
- d) 修改了 C 组检验表(见表 7)及其相关要求(见 4.4.2，原标准见 4.4.2)；
- e) 增加了机械强度试验 M—试验、T—试验方法以及环形磁心相关试验要求及方法(附录 A 中图 A.3、图 A.4 和图 A.6)；
- f) 增加了型号规格命名的规定(见 6.2.1)。

本规范的附录 A 是规范性附录。

本规范由中央军委装备发展部综合计划局提出。

本规范起草单位：工业和信息化部电子第四研究院、北京七星飞行电子有限公司。

本规范主要起草人：崔莹、景峰、薛晓梅、赵玥、张卫东、李杨。

GJB 1931 于 1994 年首次发布，2006 年第一次修订。

# 软磁铁氧体磁心通用规范

## 1 范围

本规范规定了软磁铁氧体磁心(以下简称磁心)的通用要求、质量保证规定和交货准备等。  
本规范适用于各种军用电子元器件中用软磁铁氧体材料制成的磁心。

## 2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本规范,但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性,凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本规范。

- GB 191—2008 包装储运图示标志
- GB/T 9632.1—2002 通信用电感器和变压器磁心测量方法
- GB/T 9634 铁氧体磁心表面缺陷极限导则
- GB/T 20874 磁性零件有效参数计算方法
- GJB 150.10A—2009 军用装备实验室环境试验方法 第10部分:霉菌试验要求
- GJB 360B—2009 电子及电气元件试验方法
- GJB 2712 测量设备的质量保证要求 计量确认体系
- SJ/T 10213—1991 铁氧体材料牌号与元件型号命名方法
- SJ/T 10742—1996 电子陶瓷零件公差
- SJ 20966—2006 软磁铁氧体材料测量方法

## 3 要求

### 3.1 总则

磁心应符合本规范和相应相关详细规范规定的所有要求。本规范的要求与相关详细规范不一致时,应以相关详细规范为准。

### 3.2 原材料

制造磁心所用的原材料应符合相关原材料标准的规定。

### 3.3 设计和结构

#### 3.3.1 概述

材料检验样品及磁心的设计、结构和几何尺寸应符合相关标准及相关详细规范的规定。在进行磁心结构设计时,应充分考虑所用磁心具有可靠性、互换性、电磁兼容性、机械环境及气候环境适用性。

#### 3.3.2 尺寸

##### 3.3.2.1 标准样环尺寸

材料常规性能检验样品为环形磁心(密度样品应大于 5g,应无伤痕和碎片)。相关详细规范应规定标准样环的标称尺寸(不作检验)。除另有规定外,标准样环应符合下列要求:

- a) 外径  $D$ : 10mm~36mm;
- b) 有效截面积  $A_e$ :  $8\text{mm}^2\sim 100\text{mm}^2$ ;
- c) 推荐的尺寸比:  $D/d\approx 1.67$ 、 $h/d\approx 0.67$ 。

对信号处理用低磁通密度下使用的材料,推荐采用  $\Phi 10\text{mm}\times\Phi 6\text{mm}\times 4\text{mm}$  的标准样品;对高磁通密度下使用的材料(功率材料),推荐采用  $\Phi 25\text{mm}\times\Phi 15\text{mm}\times 10\text{mm}$  的标准样品。

## 3.3.2.2 电阻率测试样品尺寸

电阻率的样品尺寸应符合 SJ 20966—2006 中 10.1.1 表 3 的要求。

## 3.3.2.3 磁心(产品)尺寸

磁心的结构和尺寸应符合相关详细规范的规定。需要时应应对磁心的形位公差按 SJ/T 10742—1996 进行规定。除另有规定外,相关详细规范应给出 GB/T 20874 所列的有效参数  $l_c$ 、 $A_c$  和  $V_c$  等,其有效参数应符合相关详细规范的规定。

## 3.3.3 重量

磁心的重量应符合相关详细规范的规定。

## 3.4 外观质量

磁心的掉块、不规则边缘、裂纹、毛边和粘模等外观缺陷,应符合 GB/T 9634 相关部分的规定。GB/T 9634 未涉及的其他形状磁心,其外观缺陷应参照 GB/T 9634 相关部分执行,并在相关详细规范中进行规定。

## 3.5 电磁性能

## 3.5.1 材料电磁性能

除另有规定外,材料电磁性能应符合表 1 和相关详细规范的规定。

注:在相关详细规范的资料性附录中可给出对应磁心工作温度或频率范围必要的性能曲线(例如:起始磁导率—频率曲线、起始磁导率—温度曲线、功率损耗密度曲线等)。

表 1 材料电磁性能

| 序号 | 项目                  | 符号                    | 单位                | 测量条件 <sup>a</sup>          |  |                           |  | 技术要求        |
|----|---------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------|--|---------------------------|--|-------------|
|    |                     |                       |                   | 频率<br>kHz                  | 磁场强度<br>kA/m   | 峰值磁通密度<br>mT              | 温度<br>℃  |             |
| 1  | 起始磁导率               | $\mu_i$               |                   | $\leq 10$                  |  | $< 0.50$                  | 25   | 按相关<br>详细规范 |
| 2  | 饱和磁通密度              | $B_S$                 | mT                | $\leq 10$                  | 1.2 ( $\mu_i > 1000$ )   |                           | 25; 100 <sup>b</sup>                                     |             |
| 3  | 剩磁                  | $B_r$                 | mT                | $\leq 10$                  | 3 ( $1000 \geq \mu_i > 500$ )<br>10 ( $500 \geq \mu_i > 100$ ) |                           | 25   |             |
| 4  | 矫顽力                 | $H_C$                 | A/m               | $\leq 10$                  | 20 ( $100 \geq \mu_i$ )  |                           | 25   |             |
| 5  | 损耗因数                | $\tan \delta / \mu_i$ |                   |                            |  | $< 0.25$                  | 25   |             |
| 6  | 材料磁滞常数              | $\eta_B$              | $T^{-1}$          | 10<br>( $\mu_i \geq 500$ ) |  | $\hat{B}_1$   $\hat{B}_2$ | 25   |             |
|    |                     |                       |                   |                            |  | 1.5   3.0                 |  |             |
|    |                     |                       |                   | 100<br>( $\mu_i < 500$ )   |  | 0.3   1.2                 |  |             |
| 7  | 居里温度                | $T_C$                 | ℃                 | $\leq 10$                  |  | $< 0.25$                  |  |             |
| 8  | 相对温度因数 <sup>c</sup> | $\alpha_F$            | $10^{-6}$         | $\leq 10$                  |  | $< 0.25$                  | 参考温度: 25<br>测试温度:<br>-55、-40、<br>-25、5、55、<br>85、105、125 |             |
| 9  | 密度                  | $d_b$                 | kg/m <sup>3</sup> |                            |  |                           |  |             |
| 10 | 减落因数                | $D_F$                 | $10^{-6}$         | $\leq 10$                  |  | $< 0.25$                  | 25   |             |
| 11 | 电阻率                 | $\rho$                | $\Omega \cdot m$  | d.c.                       |  |                           | 25   |             |

表 1 (续)

| 序号 | 项目                    | 符号      | 单位              | 测量条件 <sup>a</sup> |              |              |                             | 技术要求        |
|----|-----------------------|---------|-----------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------------------|-------------|
|    |                       |         |                 | 频率<br>kHz         | 磁场强度<br>kA/m | 峰值磁通密度<br>mT | 温度<br>℃                     |             |
| 12 | 功率损耗密度 <sup>c、d</sup> | $P_v$   | $\text{kW/m}^3$ | 25                |              | 200          | 100;<br>最小损耗温度 <sup>b</sup> | 按相关<br>详细规范 |
|    |                       |         |                 | 100               |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 100               |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 200               |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 300               |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 500               |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 1000              |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 2000              |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 5000              |              |              |                             |             |
|    |                       |         |                 | 50                |              | 150          | 25; 100 <sup>b</sup>        |             |
| 13 | 振幅磁导率 <sup>d</sup>    | $\mu_a$ |                 | $\leq 25$         |              | 400          | 25                          |             |
|    |                       |         |                 |                   |              | 320          | 100 <sup>b</sup>            |             |

<sup>a</sup> 测量条件除特殊规定外, 通常应按表中所列条件进行测试。  
<sup>b</sup> 电源用功率磁心其测量温度为两个温度点。  
<sup>c</sup> 对相对温度因数、功率损耗密度等性能参数应优先考虑用磁心性能表征。  
<sup>d</sup> 该性能仅针对电源用功率磁心。

### 3.5.2 磁心性能

磁心性能应根据不同应用场合(参照 6.3), 在表 2 中选取适当的电磁性能项目或另增项目进行规定, 另增项目的试验方法应在相关详细规范中规定。同时, 在相关详细规范资料性附录中应给出对应磁心工作温度或频率范围必要的性能曲线(例如: 损耗角正切值—频率曲线、起始磁导率—频率曲线、减落—时间曲线、起始磁导率—温度曲线、功率损耗—频率曲线或功率损耗—温度曲线等)。

用于吸收电磁波的磁体及噪声抑制片的性能未列表 2。

### 3.6 机械强度

对 E 形磁心、U 形磁心、I 形磁心及环形等类似形状的磁心按 4.5.4 及附录 A 试验时, 其机械强度应符合相关详细规范的规定。其他形状的磁心需要时应按相关详细规范规定。

### 3.7 温度冲击

磁心按 4.5.5 的规定进行试验后, 不应有机械损伤, 最终的电磁性能应符合相关详细规范的规定。

### 3.8 稳态湿热

磁心按 4.5.6 的规定进行试验后, 不应有机械损伤, 最终的电磁性能应符合相关详细规范的规定。

### 3.9 盐雾(规定时)

磁心按 4.5.7 的规定进行试验后, 应无 GJB 360B—2009 方法 101 中 5.2 a) 和 c) 的现象。

### 3.10 霉菌(规定时)

所有外部材料应为不宜霉菌生长的, 或采取适当的处理以防止霉菌生长。承制方可提供相关材料防霉证明, 或者按 4.5.8 的规定进行霉菌试验后, 样品表面霉菌生长程度应至少满足 GJB 150.10A—2009 中等级 1 规定

### 3.11 标志

除另有规定外, 承制方应按相关详细规范规定的内容对磁心进行标志, 且标志应清晰。

### 3.12 加工质量

磁心应采用能保证质量一致的制造工艺进行加工, 且不应影响其寿命、使用和外观。

表 2 磁心电磁性能

| 序号 | 项目                                | 符号                        | 应规定的测量条件  | 技术要求        |
|----|-----------------------------------|---------------------------|---|-------------|
| 1  | 电感因数                              | $A_L$                     | 磁通密度 $\hat{B}$ 、规定温度 $T$ 和频率 $f$                        | 按相关<br>详细规范 |
| 2  | 低磁通密度下损耗 <sup>a</sup><br>(品质因数)   | $\tan\delta$<br>( $Q$ )   | 磁通密度 $\hat{B}$ 、测量频率 $f$                                |             |
| 3  | 磁滞损耗                              | $\tan\delta_h$            | 磁通密度 $\hat{B}_1$ 、 $\hat{B}_2$                          |             |
| 4  | 磁导率的温度系数<br>或电感的温度系数 <sup>b</sup> | $\alpha_\mu$ 或 $\alpha_L$ | 温度范围及测量点、各点保温时间   |             |
| 5  | 磁心功率损耗密度 <sup>c</sup>             | $P_v$                     | 规定磁通密度 $\hat{B}$ 、温度 $T_1$ 、 $T_2$ 、频率 $f_1$ 、必要时 $f_2$ |             |
| 6  | 减落 <sup>d</sup>                   | $D$                       | 分别在 1min、10min 或 10min、100min 时测试                       |             |
| 7  | 阻抗 <sup>e</sup>                   | $Z$                       | 规定频率 $f$ 、匝数、磁场强度                                       | 按相关<br>详细规范 |
| 8  | 直流叠加特性                            |                           | 直流电流 $I$ 或直流磁场 $H$                                      |             |

注：磁心性能测试均应规定测量线径和匝数。

<sup>a</sup> 电感器用磁心在规定使用频率范围内两个极限频率，对无气隙磁心损耗用  $\tan\delta$  或用品质因数  $Q$  表示，有气隙磁心用损耗因数 ( $\tan\delta/\mu_r$ )。

<sup>b</sup> 指工作温度极限范围下的磁导率、电感量随温度的变化。

<sup>c</sup> 对电源变压器和扼流圈用磁心。

<sup>d</sup> 对调谐变压器和电感器磁心。

<sup>e</sup> 对 EMI 磁心。

#### 4 质量保证规定

##### 4.1 检验分类

本规范规定的检验分类为：

- a) 鉴定检验(见 4.3)；
- b) 质量一致性检验(见 4.4)。

##### 4.2 检验条件

除另有规定外，所有检验项目均应在 GJB 360B—2009 的“一般要求”中规定的试验的标准大气压条件下进行试验。

承制方应建立和维持具有足够准确度的试验、测量设备和检验设施，以便进行所要求的检验。同时，应建立和维持符合 GJB 2712 规定的计量校准系统，以控制测量和试验设备的准确度。

##### 4.3 鉴定检验

###### 4.3.1 概述

鉴定检验应在磁心正式投产前进行。当原材料或制造工艺发生重大变化时，应重新进行鉴定检验。

###### 4.3.2 检验样品

单一规格鉴定检验时，首先应抽取 5 只标准样环和 3 只电阻率测试样品(首次鉴定时)进行 I 组，然后随机抽取全部样品分别进行 II A 组、II B 组和 II C 组的试验。II A 组(磁心性能)样品中含两套备份样品，一套用以替换可能出现的不合格品，另一套用以替换处置不当的样品。若需要进行霉菌试验，则需要另外抽取 1 只(对)样品进行。

对同一材料的多种规格磁心或系列磁心鉴定，则磁心性能 II 分组的各组样品中每种规格应为三只(对)，系列磁心应在大、中、小三种规格中抽取。

###### 4.3.3 检验程序

鉴定检验的项目、检验顺序、受试样品数量及允许不合格品数应符合表 3 的规定。

## 4.3.4 不合格

若不合格品数超过表 3 规定的允许不合格品数时，则鉴定检验不合格。

表 3 鉴定检验

| 检验项目   | 要求章条号                 | 检验方法章条号 | 检验样品数(只或对)                      | 允许不合格品数(只或对) |                |
|--|-----------------------|---------|---------------------------------|--------------|----------------|
| I 组<br>材料电磁性能 <sup>a</sup>   | 3.5.1                 | 4.5.2   | 5(标准样环)+3(电阻率样品)                | 0            |                |
| II A 组(磁心性能)<br>外观、尺寸和机械检查   | 3.3、3.4、<br>3.11、3.12 | 4.5.1   | 全部样品<br>(包括 II B 组、II C 组及备份样品) | 1            |                |
| 电感因数   | 3.5.2                 | 4.5.3.2 |                                 |              |                |
| II B 组(磁心性能) <sup>b</sup><br>低磁通密度下损耗(品质因数)  | 3.5.2                 | 4.5.3.3 | 5                               | 0            |                |
| 磁滞损耗   |                       | 4.5.3.4 |                                 |              |                |
| 磁心功率损耗密度   |                       | 4.5.3.7 |                                 |              |                |
| 阻抗   |                       | 4.5.3.8 |                                 |              |                |
| 减落   |                       | 4.5.3.6 |                                 |              |                |
| 直流叠加特性   |                       | 4.5.3.9 |                                 |              |                |
| 磁导率温度系数<br>(电感温度系数)  |                       | 4.5.3.5 |                                 |              | 3 <sup>c</sup> |
| II C 组(磁心性能)<br>温度冲击   | 3.7                   | 4.5.5   | 10                              | 0            |                |
| 稳态湿热   | 3.8                   | 4.5.6   |                                 |              |                |
| 盐雾(规定时)  | 3.9                   | 4.5.7   |                                 |              |                |
| 机械强度 <sup>a</sup>  | 3.6                   | 4.5.4   |                                 |              | 5 <sup>d</sup> |
| 霉菌   | 3.10                  | 4.5.8   |                                 |              | 1              |
| <sup>a</sup> 检验项目取舍、增加按相关详细规范的规定。<br><sup>b</sup> 材料性能中的密度用三只标准样品测试。<br><sup>c</sup> 从 II B 组的五只(对)中随机抽取三只(对)。<br><sup>d</sup> 从 II C 组的十只(对)中随机抽取五只(对)。 |                       |         |                                 |              |                |

## 4.4 质量一致性检验

## 4.4.1 逐批检验

## 4.4.1.1 概述

逐批检验由 A 组和 B 组检验组成。逐批检验即为产品交付检验。

## 4.4.1.2 检验批

一个检验批应由相同材料、相同工艺在规定时间内(通常时间不超过 1 个月)生产的磁心组成。

## 4.4.1.3 A 组检验

A 组检验由表 4 规定的项目组成，并按所示顺序进行。抽样方案按表 4 和表 5 的规定进行。如果出现一只(对)或多于一只(对)的产品不合格，应对该批按表 4 进行 100%检验，不合格品率(PDA)不大于 3%。

表4 A组检验

| 检验项目  | 要求章条号         | 检验方法章条号 | 抽样方案 |
|---|---------------|---------|------|
| A1 分组<br>尺寸及重量检查                              | 3.3           | 4.5.1   | 100% |
| 外观和机械检查                                       | 3.4、3.11、3.12 |         | I    |
| A2 分组 <sup>a</sup><br>电感因数                    | 3.5.2         | 4.5.3.2 | II   |
| 低磁通密度下损耗(品质因数)                                |               | 4.5.3.3 |      |
| 磁心功率损耗密度                                      |               | 4.5.3.7 |      |
| 阻抗  |               | 4.5.3.8 |      |
| <sup>a</sup> A2 分组电磁性能, 应根据详细规范的规定, 对其进行适当取舍。 |               |         |      |

表5 A组检验抽样方案

| 批量              | 抽样方案 I | 抽样方案 II |
|-----------------|--------|---------|
| 1~5             | 100%   | 100%    |
| 6~20            | 100%   | 5       |
| 21~50           | 13     | 5       |
| 51~90           | 13     | 7       |
| 91~150          | 13     | 11      |
| 151~280         | 20     | 13      |
| 281~500         | 29     | 16      |
| 501~1 200       | 34     | 19      |
| 1 201~3 200     | 42     | 23      |
| 3 201~10 000    | 50     | 29      |
| 10 001~35 000   | 60     | 35      |
| 35 001~150 000  | 74     | 40      |
| 150 001~500 000 | 90     | 40      |
| ≥500 001        | 102    | 40      |

## 4.4.1.4 B组检验

B组检验应按表6规定的项目、顺序和抽样方案进行。B组检验的样品应从已通过A组检验的批中随机抽取。如果出现一只(对)或多于一只(对)的产品不合格, 则该批为不合格, 不能按本规范进行提交。

表6 B组检验

| 检验项目 <sup>a</sup>  | 要求章条号 | 检验方法章条号 | 抽样方案<br>(只或对)  |
|--|-------|---------|----------------|
| 磁滞损耗   | 3.5.2 | 4.5.3.4 | 5 <sup>b</sup> |
| 磁导率温度系数<br>(电感温度系数)  |       | 4.5.3.5 |                |
| 减落   |       | 4.5.3.6 |                |
| 直流叠加特性   |       | 4.5.3.9 |                |
| <sup>a</sup> 检验项目应根据详细规范的规定。<br><sup>b</sup> 批量小于五只(对)时全检。 |       |         |                |

#### 4.4.2 周期检验

##### 4.4.2.1 C组检验

周期检验由C组检验组成。已通过A组和B组检验的产品不必等待C组检验结果而延迟交货。C组检验应按表7规定的项目和顺序进行。应从已通过A组和B组检验的任一批中抽取样品进行C组检验。

##### 4.4.2.2 抽样方案

C组检验每12个月进行一次。受试样品数按表7规定。当超过表7规定的允许不合格品数时，则C组检验为不合格。

##### 4.4.2.3 样品的处理

已经受C组检验的样品，不应按合同或订单交货。

##### 4.4.2.4 不合格处理

若样品未能通过C组检验，则承制方应按下列步骤进行处理：

- 立即停止A组和B组检验及产品的交付并向鉴定机构报告失效情况；
- 查明失效原因，在材料、工艺或其他方面提出纠正措施，经鉴定机构批准后，对采用基本相同的材料和工艺进行制造、失效模式相同、能够进行纠正的所有产品采取纠正措施；
- 完成纠正措施后，重新抽取样品按4.4.2.1规定进行C组检验；对全部项目的检验或仅对原样品失效项目的检验，由鉴定机构确定；
- A组和B组检验也重新开始，但必须在C组重新检验合格后，产品才能交付；
- 如果C组重新检验不合格，则应将失效的有关资料提交鉴定机构。

表7 C组检验

| 检验项目           |         | 要求章条号 | 检验方法章条号 | 检验样品数<br>(只或对) | 允许不合格品数<br>(只或对) |
|----------------|---------|-------|---------|----------------|------------------|
| C1组            | 温度冲击    | 3.7   | 4.5.5   | 10             | 0                |
|                | 稳态湿热    | 3.8   | 4.5.6   |                |                  |
|                | 盐雾(规定时) | 3.9   | 4.5.7   |                |                  |
| C2组<br>机械强度    |         | 3.6   | 4.5.4   | 5 <sup>a</sup> | 0                |
| C3组<br>霉菌(规定时) |         | 3.10  | 4.5.8   | 1              | 0                |

<sup>a</sup> 从C1组十只(对)中随机抽取五只(对)。

#### 4.5 检验方法

##### 4.5.1 外观和机械检查

目测及使用满足准确度要求的相关量具对磁心进行检查，以证明其结构尺寸、外观、重量及标识等是否满足3.3、3.4、3.11、3.12的要求。外观检查可使用5倍~10倍放大镜进行。

##### 4.5.2 材料电磁性能

###### 4.5.2.1 概述

材料的电磁性能按SJ 20966—2006进行测量。允许采用与SJ 20966—2006测量准确度相同的测量装置进行测量。当有争议时，应采用SJ 20966—2006规定的方法进行仲裁。

###### 4.5.2.2 起始磁导率 $\mu_i$

按SJ 20966—2006中7.1的规定进行。

###### 4.5.2.3 饱和磁通密度 $B_s$ 、剩磁 $B_r$ 、矫顽力 $H_c$

按SJ 20966—2006中第9章的规定进行。如进行高温下的 $B_s$ 测试，应对样品具有加温装置。测试

条件按表 1 或相关详细规范的规定。

#### 4.5.2.4 相对损耗因子(低磁通密度下损耗) $\tan\delta/\mu_i$

按 SJ 20966—2006 中 7.3 的规定进行。测试条件按表 1 和相关详细规范的规定。

#### 4.5.2.5 磁滞常数 $\eta_B$

按 SJ 20966—2006 中 7.4 的规定进行。测试条件按表 1 的规定。

#### 4.5.2.6 居里温度 $T_C$

按 SJ 20966—2006 中 7.7 的规定进行。

#### 4.5.2.7 相对温度因数 $\alpha_F$

按 SJ 20966—2006 中 7.5 的规定进行。相关详细规范应规定测量温度点或温度区间及各点保温时间(当保温时间非 1h 时)。

#### 4.5.2.8 密度 $d_b$

按 SJ 20966—2006 中 10.2.1 或 10.2.2 的规定进行。相关详细规范应明确所采用的试验方法(含水样品方法、石蜡浸渍试样法)及试样尺寸。

#### 4.5.2.9 减落因数 $D_F$

按 SJ 20966—2006 中 7.6 的规定进行。测试条件按表 1 和相关详细规范的规定。

#### 4.5.2.10 电阻率 $\rho$

按 SJ 20966—2006 中 10.1 的规定进行。相关详细规范应对测试样品和测试方法进行选取。

#### 4.5.2.11 功率损耗密度 $P_V$

按 SJ 20966—2006 中 8.2 的规定进行功耗的测量。再按 SJ 20966—2006 的 8.2.4 中公式计算功率损耗密度  $P_V$ 。相关详细规范应对测试方法进行选取,测试条件(温度、频率、峰值磁通密度)按表 1 和相关详细规范的规定。

#### 4.5.2.12 振幅磁导率 $\mu_a$

按 SJ 20966—2006 中 8.1 的规定进行。测试条件(温度、频率、峰值磁通密度)按表 1 和相关详细规范的规定。

### 4.5.3 磁心性能

#### 4.5.3.1 概述

磁心测量的有关注意事项应符合 GB/T 9632.1—2002 的规定。

#### 4.5.3.2 电感因数 $A_L$

采用频率范围及测试电压( $U$ )满足规定要求的 LCR 测试仪或阻抗分析仪测量磁心的电感量,并按式(1)计算磁心的电感因数  $A_L$ :

$$A_L = \frac{\mu_0 \times \mu_e \times A_e}{l_e} = \frac{L}{N^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $A_L$ ——磁心电感因数,  $H/N^2$ ;
- $\mu_0$ ——真空磁导率 ( $0.4\pi \times 10^{-6}$ ),  $H/m$ ;
- $\mu_e$ ——磁心有效磁导率;
- $A_e$ ——磁心有效截面积,  $m^2$ ;
- $l_e$ ——磁心有效磁路长度,  $m$ ;
- $L$ ——测试磁心的电感量,  $H$ ;
- $N$ ——线圈匝数。

相关详细规范应对测试线圈的匝数、绕法,磁心夹紧力等进行规定,同时应规定测试频率( $f \leq 10kHz$ )及所施加的电压( $\hat{B} \leq 0.25mT$ )。

## 4.5.3.3 低磁通密度下损耗(品质因数)

在磁心上均匀绕上测试线圈，采用 LCR 测试仪、阻抗分析仪，按式(2)计算  $U$ ：

$$U = 4.44fN\hat{B}A_e \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $U$ ——测量电压有效值，V；
- $f$ ——测试频率，Hz；
- $N$ ——线圈匝数；
- $\hat{B}$ ——峰值磁通密度 ( $\hat{B} < 0.25\text{mT}$ )，T；
- $A_e$ ——磁心有效截面积， $\text{m}^2$ 。

把磁心线圈接到测量仪器，将频率  $f$  和电压  $U$  调到规定值，测量磁心的等效串联电感  $L_S$  和串联电阻  $R_S$ ，则磁心损耗或品质因数由式(3)得出。

$$\tan\delta = \frac{R_S}{2\pi fL_S} \text{ 或 } Q = \frac{2\pi fL_S}{R_S} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $f$ ——为测试频率，Hz；
- $R_S$ ——等效串联电阻， $\Omega$ ；
- $L_S$ ——等效串联电感，H。

相关详细规范应对测试线圈的匝数、绕法，磁心夹紧力及测量频率等进行规定。测量频率应按 3.5.2 规定的极限频率范围选取。

## 4.5.3.4 磁滞损耗

只要所测量的磁心损耗随峰值磁通密度  $\hat{B}$  的变化符合准确度要求，可采用像 LCR 测试仪、阻抗分析仪等任何适当的测量仪器进行测量。

通过测量磁心线圈在相同频率、两个不同峰值电压下测量的损耗推导出磁心的磁滞损耗，其中  $\hat{B}_1 \leq \frac{1}{2}\hat{B}_2$  且  $\hat{B} \leq 5\text{mT}$ 。

首先按式(4)和式(5)计算  $\hat{B}_1$ 、 $\hat{B}_2$  对应的外加峰值电压  $\hat{U}_1$  和  $\hat{U}_2$ ，然后分别测试  $\hat{U}_1$  和  $\hat{U}_2$  下的损耗角正切  $\tan\delta_{\hat{B}_1}$  和  $\tan\delta_{\hat{B}_2}$ ，用式(6)得出磁心的磁滞损耗：

$$\hat{U}_1 = 2\pi fN A_e \hat{B}_1 \dots\dots\dots (4)$$

$$\hat{U}_2 = 2\pi fN A_e \hat{B}_2 \dots\dots\dots (5)$$

$$\tan\delta_h = \tan\delta_{\hat{B}_2} - \tan\delta_{\hat{B}_1} \dots\dots\dots (6)$$

相关详细规范应对测试线圈的匝数、磁心夹紧力、峰值电压及测量频率等进行规定。

## 4.5.3.5 磁导率的温度系数(电感的温度系数)

将绕有线圈的磁心放置在控温箱中，采用频率范围及测试电压 ( $U$ ) 满足规定要求的 LCR 测试仪或阻抗分析仪分别测量磁心不同温度下的电感量，并按式(7)计算磁心的磁导率温度系数(电感温度系数)：

$$\alpha_\mu = \frac{L_T - L_{\text{ref}}}{L_{\text{ref}} \times (T - T_{\text{ref}})} = \frac{\mu_T - \mu_{\text{ref}}}{\mu_{\text{ref}} \times (T - T_{\text{ref}})} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

- $L_{\text{ref}}$ 、 $\mu_{\text{ref}}$ ——在参考温度  $T_{\text{ref}}$  (通常为  $25^\circ\text{C}$ ) 时磁心的电感量或磁导率；
- $L_T$ 、 $\mu_T$ ——在温度  $T$  时磁心的电感量或磁导率。

电感量的测量应在每个测量温度点保温 2h(或 30min)，测量期间施加规定的电流，温度由低到高。其测量的极限温度范围应与 3.5.2 的规定相同。当电感随温度非单调变化时，由相关详细规范规定其测量方法。对配对磁心可用单只磁心均匀绕线进行测试。

相关详细规范应对测试线圈的匝数、绕法，磁心夹紧力及测量温度点和保温时间等进行规定。测试频率  $f \leq 10\text{kHz}$ ，峰值磁通密度  $\hat{B} < 0.25\text{mT}$ 。

#### 4.5.3.6 减落

磁心的减落按 SJ 20966—2006 中 7.6 的规定进行。相关详细规范应对两次测试的时间进行规定。

#### 4.5.3.7 磁心功率损耗密度

按 SJ 20966—2006 中 8.2 的规定进行磁心功耗的测量。相关详细规范应对测试线圈的匝数、绕法，磁心夹紧力以及磁通密度  $\hat{B}$ 、温度和频率等进行规定。

#### 4.5.3.8 阻抗

采用正常生产的磁心，用  $\phi 0.31$  或规定的线径单匝线圈，用阻抗分析仪及相应夹具进行测试，线圈应尽可能地短或适当长度，在相关详细规范规定的测试频率下读取磁心阻抗值。

#### 4.5.3.9 直流叠加特性

采用正常生产的磁心，用直径相同的两根铜线均匀并绕在磁心上。磁心经磁正常化 15min 后开始测量交流下的电感量，测量期间，磁心任意部位的磁通密度峰值不应超过 1.0mT，且测量频率应稳定。然后在另一组绕组上缓慢地施加规定的直流电流(直流磁场)，从最低电流开始逐渐调到规定的最大值。每调一次直流电流后  $3\text{min} \pm 15\text{s}$  再测量电感值。

记录规定电流(磁场)下的电感量或换算为磁导率，并应符合 3.5.2 表 2 的规定。

#### 4.5.4 机械强度

磁心机械强度按附录 A 进行。应根据磁心的不同形状，选择其中适宜的方法进行试验。相关详细规范应对施加力  $F$ 、试验形式进行规定。

#### 4.5.5 温度冲击

磁心按 GJB 360B—2009 中方法 107 和下述规定进行试验：

- a) 试验条件：A；但步骤 3 为  $125^\circ\text{C}$ ；
- b) 试验后恢复：试验后恢复条件由相关详细规范规定；
- c) 试验后测量：目检外观并测量相应的电磁性能，并应符合相关详细规范的规定。

#### 4.5.6 稳态湿热

磁心按 GJB 360B—2009 中方法 103 和下述规定进行试验：

- a) 试验条件：B；
- b) 试验后恢复：试验后恢复条件由相关详细规范规定；
- c) 试验后测量：目检外观并测量相应的电磁性能，并应符合相关详细规范的规定。

#### 4.5.7 盐雾

磁心应按 GJB 360B—2009 中方法 101 的规定进行盐雾试验。

- a) 试验条件：B；
- b) 暴露后的检测：磁心应彻底进行清洗。清洗温度不超过  $38^\circ\text{C}$ 。将磁心放入烘箱内，箱内温度应保持为  $(50 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，放置  $(24 \pm 4)\text{h}$ 。当达到规定的时间后，磁心应从烘箱内取出检查有无腐蚀。

#### 4.5.8 霉菌(规定时)

除非提供防霉合格证明书，否则磁心应按 GJB 150.10A—2009 中菌种 2 组的规定进行试验。

### 5 交货准备

#### 5.1 包装

磁心包装前应清洁、干燥。装有磁心的包装盒内，空隙处应用软质填充料堵塞，盒内应放入有承制

方质量检验部门印章的合格证。盒上应贴上盖有质检部门印章的封条或标签。磁心的中间包装应能保证在运输和储存过程中不会因包装不妥而导致磁心的损坏为原则。

除按合同要求有特殊标志外，中间包装盒内应放有合格证，其上标明：

- a) 本规范和详细规范编号；
- b) 承制方商标及名称；
- c) 磁心的型号规格及批号；
- d) 数量；
- e) 检验日期；
- f) 检验人员姓名或代号；
- g) 承制方检验部门印章。

## 5.2 装箱

装有磁心的包装盒应集中装入包装箱内，箱内空隙处应填充防震材料。包装箱内应放有装箱单，其上标明：

- a) 承制方商标或名称；
- b) 磁心型号规格；
- c) 中间包装数量；
- d) 装箱人员姓名或代号；
- e) 装箱日期；
- f) 质检部门印章。

## 5.3 运输和储存

### 5.3.1 运输

按 5.2 装箱的磁心，可用任何方式运输，但应避免雨雪的直接淋袭和机械损伤。运输包装箱外应按 GB/T 191—2008 标明“怕雨”、“易碎物品”等字样或图示。

### 5.3.2 储存

磁心储存的环境温度为  $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 80%，且空气的酸、碱性或其他有害气体符合环保规定的要求。

## 6 说明事项

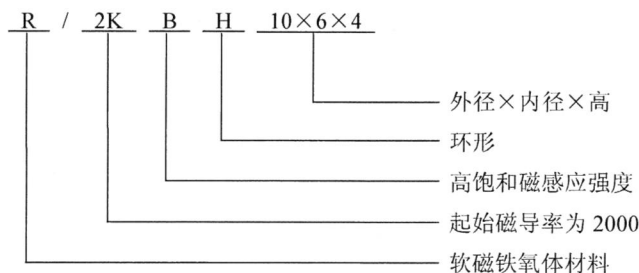
### 6.1 预定用途

本规范规定的软磁铁氧体磁心预定用于各种军用电感器件。如信号处理用的高  $Q$  电感器、共模电感器、宽带变压器、脉冲变压器；电源用变压器、滤波器、扼流圈以及抑制电磁干扰用的器件等。

### 6.2 分类

磁心按 SJ/T 10213—1991 铁氧体材料牌号与元件型号命名方法进行分类及命名。

示例：



### 6.3 磁心电磁性能

#### 6.3.1 概述

除材料参数外，磁心还应规定与其应用相关的电磁特性(以下所列出的电磁性能，对每一个设计，

不一定都采用。同样，所列出的电磁性能也并未包括所有可能采用的电磁性能)。

### 6.3.2 调谐变压器和电感器用磁心

一般情况下，调谐变压器和电感器用磁心应规定以下特性：

- a) 电感因数  $A_L$  ( $L/N^2$ ) 的标称值和公差；
- b) 剩余损耗和涡流损耗 ( $\hat{B} \rightarrow 0$  时的磁心总损耗) (25℃、至少两个频率)；
- c) 磁滞损耗 (也可以为材料磁滞损耗常数)；
- d) 减落 (减落因数或减落最大值) (分别在 1min、10min 或 10min、100min 时测试，或热处理后 24h、48h 时测试)；
- e) 有效磁导率的温度系数 (整个温度范围的最大、最小值) 或温度因数。

此外，应给出磁心工作频率范围内损耗与频率的关系曲线 ( $\tan\delta \sim f$  或  $Q \sim f$ )。

### 6.3.3 宽带变压器用磁心

一般情况下，宽带变压器用磁心应规定以下特性：

- a) 电感因数及偏差或最小电感因数；
- b) 低磁通密度下损耗，应包括以下内容：
  - 1) 一个或二个频率下的损耗因数 ( $\tan\delta/\mu_i$ ) 或并联电阻系数  $R_p/N^2$ ；
  - 2) 规定频率下的磁滞损耗 (无气隙按材料磁滞常数  $\eta\beta$ 、有气隙按损耗角正切值  $\tan\delta_h$ )。
- c) 工作温度范围内电感温度系数。

此外，还应给出并联电阻系数和功耗与频率的关系曲线 ( $R_p/N^2 \sim f$  或  $P \sim f$ )、静磁场影响等。

### 6.3.4 电感器用磁心

一般情况下，电感器用磁心应规定以下特性：

- a) 电感因数及偏差；
- b) 低磁通密度下损耗 (使用频率范围极限的二个频率，有气隙按损耗因数  $\tan\delta/\mu_i$ ，无气隙按损耗角正切值  $\tan\delta$  或用品质因数  $Q$ )；
- c) 磁导率温度系数 (电感温度系数)；
- d) 减落。

### 6.3.5 电源变压器和扼流圈用磁心

一般情况下，电源变压器和扼流圈用磁心应规定以下特性：

- a) 电感因数  $A_L$  (峰值磁通密度  $\hat{B}$ 、规定温度  $T$  和频率  $f$ )；
- b) 规定峰值磁通密度  $\hat{B}$  下的 (有效) 振幅磁导率  $\mu_a$  或规定峰值磁场强度  $\hat{H}$  下的峰值磁通密度  $\hat{B}$  (规定温度和频率)；
- c) 磁心总损耗 (规定的磁通密度  $\hat{B}$ 、两个温度  $T_1$  及  $T_2$ 、频率  $f_1$ 、必要时  $f_2$  下)；
- d) 工作温度范围内电感温度系数。

此外，还应给出应用有关的曲线、图表、典型数据。

### 6.3.6 抑制电磁干扰用磁心

一般情况下，抑制电磁干扰用磁心应规定以下特性：

- a) 常规磁参数；
- b) 阻抗。

此外，应绘制  $Z \sim f$  的关系曲线。

附录 A  
(规范性附录)  
机械强度试验方法

### A.1 范围

本方法规定了铁氧体磁心机械强度试验方法。

本方法适用于 E 形磁心、U 形磁心、I 形磁心及环形等类似形状的磁心。

### A.2 试验设备

#### A.2.1 试验机

试验机应具有调速装置，其加载速率 ( $5\sim 20$ ) mm/min 应能在本规范规定的范围内控制和调节，并能平稳加卸试验力而无冲击现象；磁心断裂时的最大拉力(压力)应在试验机的标准量程范围。

#### A.2.2 夹具

对于夹具的要求如下：

- a) E 形等相近形状的磁心，磁心宽度不小于 13mm 时，采用图 A.1、图 A.2、图 A.3 或图 A.5 a)；磁心宽度小于 13mm 时，采用图 A.1、图 A.2、图 A.3 或图 A.5 b)；
- b) E 形等相近形状的磁心，磁心宽度不小于 32mm 时，按照图 A.4 所示通过圆棒支座向磁心外腿施加测试力；磁心宽度小于 32mm 时，选择合适的夹具向磁心外腿施加测试力；
- c) 环形磁心，按照图 A.6 a)、b)、c) 所示方法，选择的测试夹具应能满足磁心机械强度测试要求，具体要求按详细规范规定；
- d) 支座与压头试验过程中不会产生变形，选择的压头应能满足磁心机械强度测试要求，具体要求按详细规范规定；
- e) 支座与压头的曲率半径和试验跨距分别如图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5 所示。

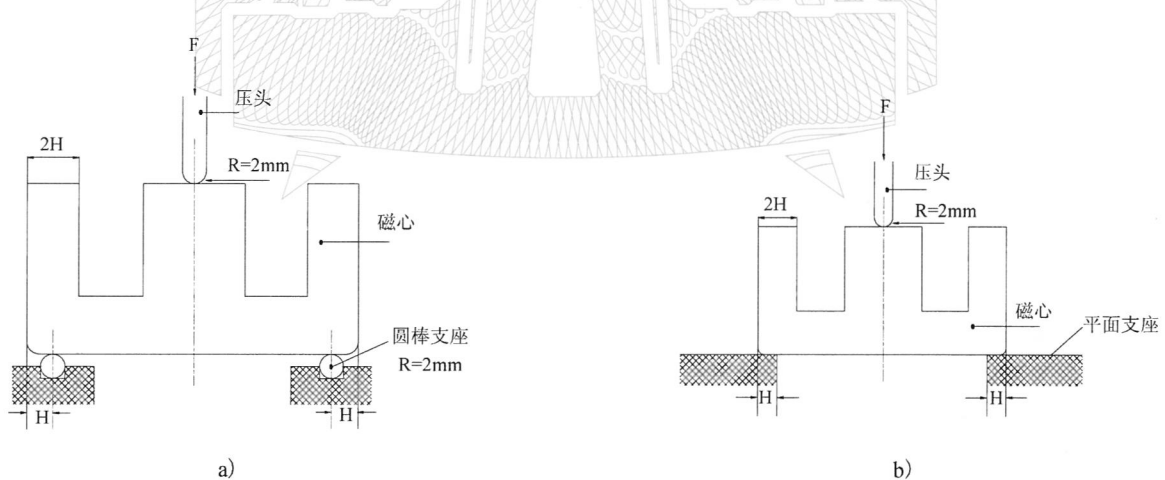


图 A.1 W—试验

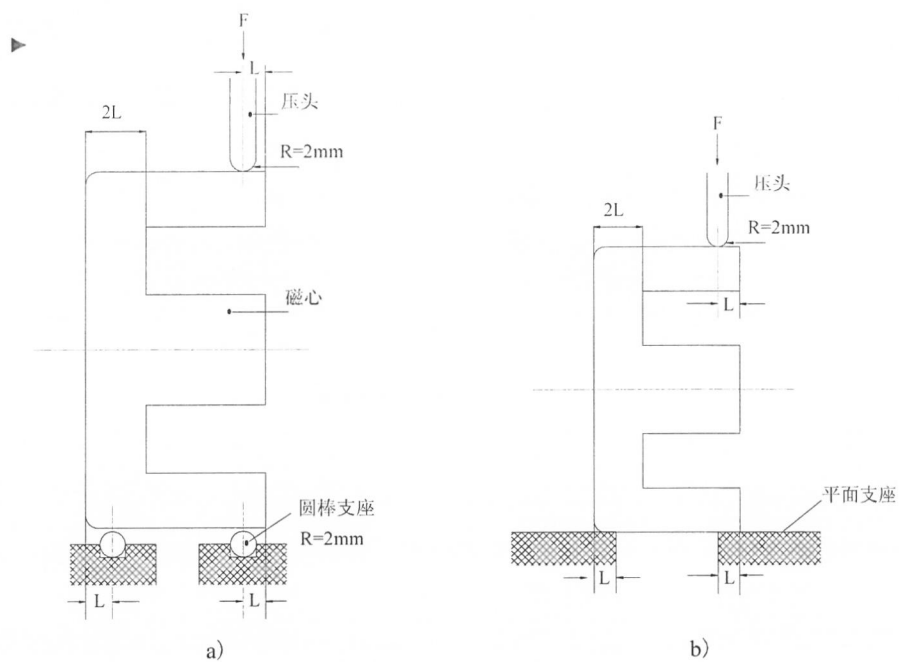


图 A.2 E—试验

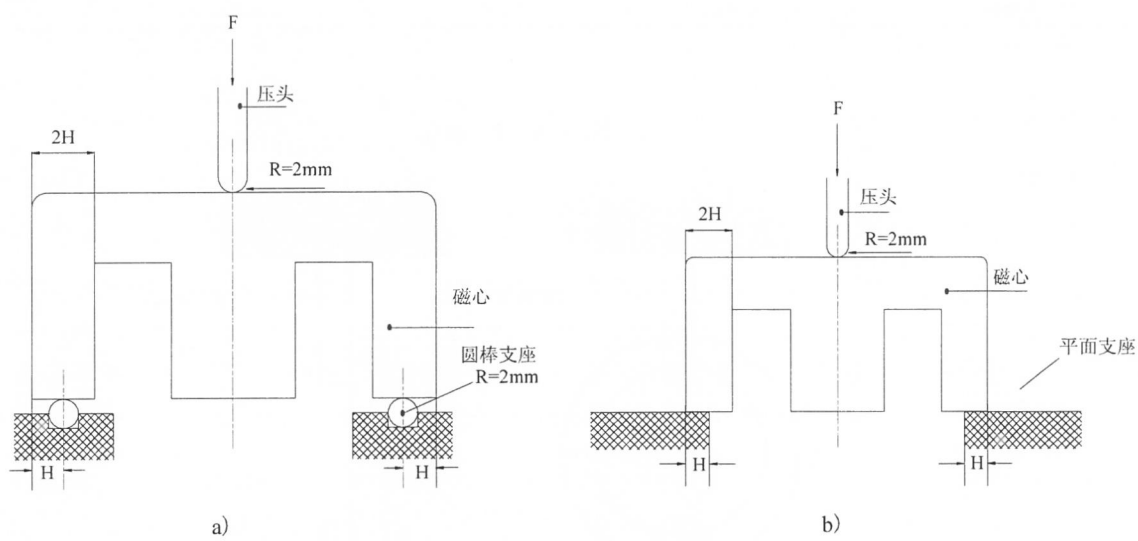


图 A.3 M—试验

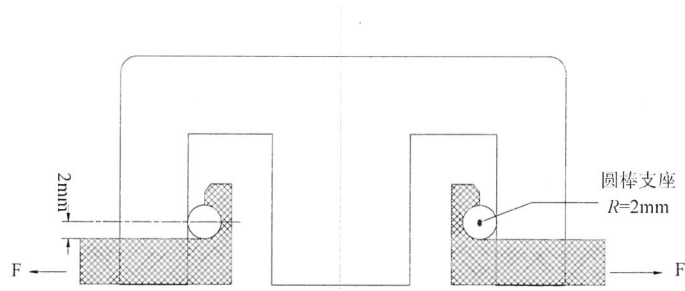


图 A.4 T—试验

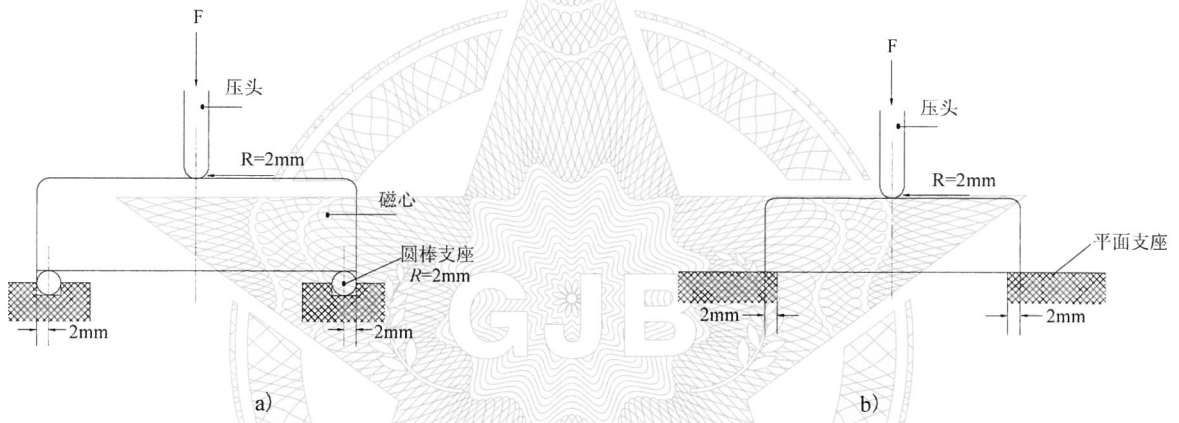


图 A.5 I—试验

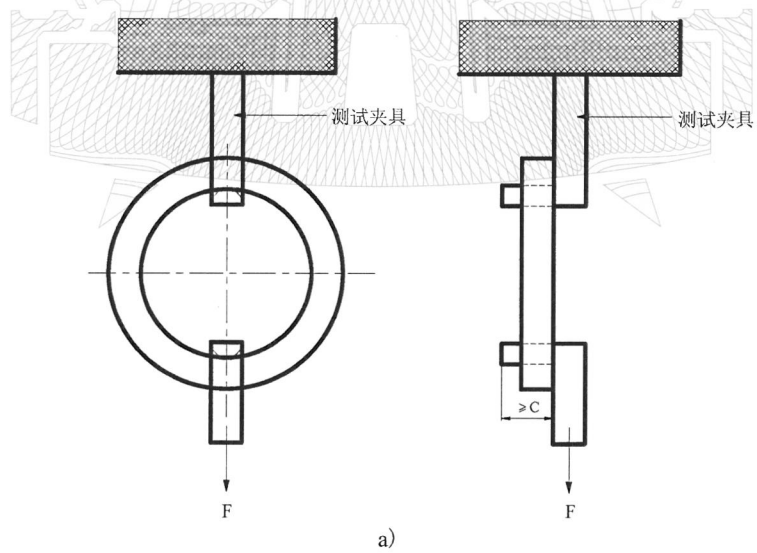
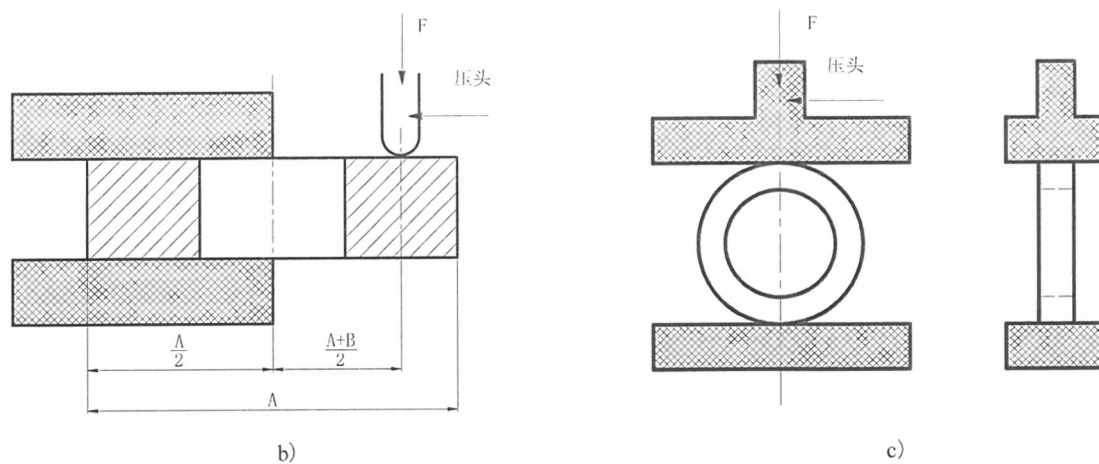


图 A.6 环形试验



注：A 表示磁心外径，B 表示磁心内径，C 表示磁心高度。

图 A. 6(续)

### A. 3 试验步骤

试验步骤如下：

- a) 选择适宜的试验形式，将磁心按图 A.1、图 A.2、图 A.3、图 A.4、图 A.5 或图 A.6 所示进行固定或放置，夹具或压头应与试样线接触；
- b) 试验力的方向与试样垂直，并处于试样中心位置，以详细规范规定的速度对试样中心位置施加拉力(压力)，并记录试样断裂时的拉力(压力)值。

中华人民共和国  
国家军用标准  
软磁铁氧体磁心通用规范  
GJB 1931B—2024

\*

国家军用标准出版发行部出版  
(北京东外京顺路7号)  
国家军用标准出版发行部印刷车间印刷  
国家军用标准出版发行部发行  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1½ 字数 42 千字  
2025年2月第1版 2025年2月第1次印刷

\*

军标出字第 16395 号