

# 团体标准

T/CECA xxx—xxx

## 电子设备用固定电感器可靠性试验规范

Reliability test specification of fixed inductors for electronic equipment

(报批稿)

本稿完成日期：2020-07-22

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国电子元件行业协会

发布

## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 通用要求.....	2
4.1 目的.....	2
4.2 优先顺序.....	2
4.3 通用数据.....	2
4.4 试验样品.....	3
4.5 极限工作温度范围.....	3
4.6 试验要求.....	4
4.7 试验前预处理.....	5
4.8 失效.....	6
4.9 合格.....	7
5 可靠性认定.....	7
5.1 可靠性认定试验项目.....	7
5.2 研发可靠性认定.....	8
5.3 量产可靠性认定.....	8
5.4 工程变更可靠性认定.....	8
5.5 试验方法.....	8
附录 A（资料性附录） 等级代号的使用.....	15
附录 B（规范性附录） 工程变更可靠性认定.....	16
附录 C（规范性附录） 匝间耐压.....	17

## 前 言

本规范按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本规范由中国电子元件行业协会电感器件分会提出。

本规范由中国电子元件行业协会电感器件分会归口。

本规范起草单位：深圳顺络电子股份有限公司、广东风华高新科技股份有限公司、深圳振华富电子有限公司、华为技术有限公司、深圳市麦捷微电子科技股份有限公司、江苏华兴电子有限公司、天通控股股份有限公司、中国赛宝实验室（工业和信息化部电子第五研究所）。

本规范主要起草人：郭海、周相国、李强、肖倩、李贤明、夏北军、李常青、徐志明、王志敏、梁永红、彭莎、樊辉红、曹华春、司马刚、牛其福。

中电元协团体标准报批公示稿

## 引 言

本规范是电子设备用固定电感器的通用可靠性认定要求，客户的特殊可靠性试验要求未包含在本规范中，需在电感器制造厂和客户间达成一致意见，这不妨碍依据本规范进行可靠性认定。

对于汽车、飞行、宇航、海底、核控制、军事、电厂、医疗（二/三类）、运输、交通信号、防灾/预防犯罪、数据处理等电子设备用电感器以及与上述用途具有类似复杂性或可靠性要求的其他电子设备用电感器，不适用本规范。由于上述应用的电感器的失效有可能会危及第三方生命安全，需要另行考虑可靠性试验要求。

本规范不能作为电感器制造厂解除或减轻其内部管理责任的依据。

本规范供各成员单位自愿采用。提请各使用单位注意，采用本规范时，应根据各自产品特点，确认本规范的适用性。

中电元协团体标准报批公示稿

# 电子设备用固定电感器可靠性试验规范

## 1 范围

本规范规定了电感器在研发阶段、量产阶段、工程变更阶段需要执行的可靠性试验项目及各项目的条件、抽样数和判定标准等，用于确认产品是否满足规定的可靠性要求。

本规范适用于通讯设备、手机、电脑、服务器、白色家电等电子设备用的单线圈电感器，包含表面贴装（SMD）电感器、插件（THD）电感器和磁珠（Bead）（以下均简称电感器），这些电感器通过其引出端安装在混合电路基板上。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 2421.1-2008 电子电工产品环境试验概述和指南
- GB/T 2423.1-2008 电子电工产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温（IEC 60068-2-1:2007，IDT）
- GB/T 2423.2-2008 电子电工产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Bb：高温（IEC 60068-2-2:2007，IDT）
- GB/T 2423.3-2016 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验（IEC 60068-2-78:2012，IDT）
- GB/T 2423.5-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ea和导则：冲击（IEC 60068-2-27:2008，IDT）
- GB/T 2423.10-2019 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 2423.17-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾（IEC 60068-2-11:1981，IDT）
- GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Na：规定转换时间的快速温度变化（IEC 60068-2-14:2009，IDT）
- GB/T 2423.50-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cy：恒定湿热 主要用于元件的加速试验（IEC 60068-2-14:2009，IDT）
- GB/T 2423.60-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验U：引出端及整体安装件强度（IEC 60068-2-21:2006，IDT）
- GB/T 3102.3-1993 力学的量和单位
- SJ/T 2885-2003 电子设备用固定电感器 第1部分：总规范
- IEC 60068-2-20:2008 环境试验 第2部分：试验 试验T：有引线元件的可焊性和耐焊接热的试验方法（Environmental testing - Part 2-20: Tests - Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads）
- IEC 62024-1:2017 高频感应元件 电气特性和测量方法第1部分 纳亨级片式电感器（High frequency inductive components - Electrical characteristics and measuring methods - Part 1: Nanohenry range chip inductor）

IEC 62024-2:2020 高频感应元件电气特性和测量方法第2部分：直流-直流变换器用电感的额定电流  
(High frequency inductive components - Electrical characteristics and measuring methods - Part 2: Rated current of inductors for DC-to-DC converters)

IPC/JEDEC J-STD-020D 非气密固态表面贴装器件的湿度/回流焊敏感等级分类 (Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Solid State Surface Mount Devices)

### 3 术语和定义

SJ/T 2885-2003 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**研发可靠性认定** research and development reliability qualification

在研发阶段，按规定的可靠性试验方案对样件阶段或试生产阶段的样品进行试验，用于确认产品可靠性是否符合研发设计要求而实施的可靠性试验活动。

#### 3.2

**量产可靠性认定** mass production reliability qualification

在量产阶段，按规定的可靠性试验方案对正常量产产品进行试验，用于监控产品是否持续保持正常量产水平而实施的可靠性试验活动。

#### 3.3

**工程变更可靠性认定** engineering change reliability qualification

在量产阶段，当发生人、机、料、法、环等 4M1E 变更时，按规定的可靠性试验方案对工程变更品进行试验，用于确认工程变更后产品依然满足规定的可靠性要求而实施的可靠性试验活动。

### 4 通用要求

#### 4.1 目的

本规范用于确认电感器是否符合最基本的可靠性要求。

#### 4.2 优先顺序

当本规范的要求与其他文件有矛盾时，采用以下优先顺序：

- 合同；
- 电感器规格书；
- 本规范；
- 本规范中第 2 章中的规范性引用文件的内容。

#### 4.3 通用数据

##### 4.3.1 通用数据的应用

选取产品系列中有代表性的型号或批次来说明产品可靠性满足要求，这些有代表性的型号或批次的

可靠性试验数据即为通用数据。如果产品系列的型号数量不超过3个，应累积3个产品批次的可靠性试验数据作为该系列产品的通用数据；如果产品系列的型号数量超过3个，应选取每个系列中的有代表性的3个产品型号的可靠性试验数据作为通用数据；如果产品为定制品，应累积3个批次的可靠性试验数据作为该定制品的通用数据。应选取电感量分别为最大值、中间值和最小值的产品型号为产品系列的代表型号。

#### 4.3.2 产品系列

采用相同的材料、结构、尺寸和工艺制造的但电性能具有不同标称值的产品型号可以归于同一产品系列。各电感器件制造厂可在相关文件中明确产品系列的定义。

#### 4.3.3 生产场地

不同的生产场地应视为相互独立的，应分别针对不同的生产场地进行可靠性试验认定。在一个生产场地生产的产品的可靠性试验数据不能用于证明另一生产场地生产的产品的可靠性。

#### 4.4 试验样品

##### 4.4.1 批次

所选取的生产批次在时间分布上应具有代表性，多个独立批次的生产时间间隔应不少于一周。

##### 4.4.2 合格样品

所有的样品应在同样的生产场地进行制造、筛选、检验，应选择通过筛选和检验合格的样品进行试验。

##### 4.4.3 样品处理

凡经过可靠性试验的样品，均视为产品质量和可靠性已被劣化或破坏，不能用于发货到客户端。若可靠性试验项目为非破坏性的，则试验后的样品可以继续用于其他试验用途。

##### 4.4.4 样本大小

试验的样本大小应满足5.1的要求。

#### 4.5 极限工作温度范围

应结合应用需求，从表1选择温度等级进行高温存储、高温负载、低温存储、温度变化等温度相关试验。若电感器通过了本规范某一温度等级下所要求的所有项目，电感器件制造厂可以声明电感器满足该等级或更低等级的可靠性认定。电感器件制造厂可以与用户协商，确定应用于表1中未提及的温度等级。

表1 极限温度分级表

等级	温度范围	
	下限类别温度 ( $T_{LC}$ )	上限类别温度 ( $T_{UC}$ )
1	-55 °C或-40 °C	+150 °C ±5°C
2	-55 °C或-40 °C	+125 °C ±5°C
3	-55 °C或-40 °C	+105 °C ±5°C
4	-55 °C或-40 °C或-25 °C	+85 °C ±3°C

表1 极限温度分级表（续）

等级	温度范围	
	下限类别温度 ( $T_{LC}$ )	上限类别温度 ( $T_{UC}$ )
5	-55 °C或-40 °C或-25 °C	+70 °C±3°C

注1： $T_{UC}$  在85 °C及以下指试验环境温度； $T_{UC}$  在85 °C以上为试验环境温度或包含自温升的产品本体温度。电感器件制作厂在产品规格书中必须明确说明。

注2：表中等级代号的使用见附录A。

#### 4.6 试验要求

##### 4.6.1 基本要求

###### 4.6.1.1 试验用标准大气条件

按照GB/T 2421.1-2008的要求，相关可靠性试验及试验前后的外观和电性能检测均在如下标准大气条件下进行：

- a) 温度：15 °C ~ 35 °C；
- b) 相对湿度：25 % ~ 75 %；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

在上述条件下测定有异议时，按下述条件进行：

- a) 温度：(20 ± 2) °C；
- b) 相对湿度：60 % ~ 70 %；
- c) 气压：86 kPa ~ 106 kPa。

###### 4.6.1.2 试验后恢复

试验后的外观和电性能检测应在试验结束后的2 h以上48 h以内完成。

###### 4.6.1.3 试验前后电性能检测项目

试验前后的电性能检测包括电感量 ( $L$ )、品质因数 ( $Q$ )、直流电阻 ( $DCR$ )、阻抗 ( $Z$ )、匝间耐压、饱和电流 ( $I_{sat}$ )。

各类电性能参数的适用范围及测试必要性见表2。

表2 电性参数的适用范围及测试必要性

序号	电性能参数名称	适用范围	测试必要性
1	电感量 ( $L$ )	名义标称参数为电感量的所有器件	必测
2	品质因数 ( $Q$ )	所有贴片电感、插件电感（不含磁珠）	非功率电感必测，功率电感可选。
3	直流电阻 ( $DCR$ )	所有电感	必测
4	阻抗 ( $Z$ )	名义标称参数为阻抗的所有器件	必测
5	匝间耐压	所有贴片电感、插件电感	可选
6	饱和电流 ( $I_{sat}$ )	适用于功率电感	可选

注：以上测试项目的选择，应在产品规格书或其他相关技术文件中予以明确。

##### 4.6.2 合格判据

#### 4.6.2.1 电感量和阻抗

试验后的电感量变化率见表3，阻抗变化率见表4。

表3 电感量变化率等级

等级	$\Delta L$
A	$\pm 5\%$ 以内
B	$\pm 10\%$ 以内
C	$\pm 20\%$ 以内
D	$\pm 30\%$ 以内
E	$\pm 30\%$ 以外

表4 阻抗变化率等级

等级	$\Delta  Z $
A	$\pm 20\%$ 以内
B	$\pm 30\%$ 以内
C	$\pm 30\%$ 以外

注1：表3和表4的变化率等级范围含规格限。

注2：表3和表4等级代号的使用见附录A。

#### 4.6.2.2 品质因数

试验后品质因数的变化率不大于30%。

#### 4.6.2.3 直流电阻

试验前后直流电阻符合制造厂技术规范的要求。

#### 4.6.2.4 匝间耐压

试验前后匝间耐压符合制造厂技术规范的要求。

#### 4.6.2.5 饱和电流

试验前后饱和电流符合制造厂技术规范的要求。

#### 4.6.2.6 外观

试验后无可见机械损伤。各电感器件制造厂在相关文件中对机械损伤进行量化定义。

#### 4.7 试验前预处理

为模拟电感器的应用状态，应在相关可靠性试验前进行回流焊或波峰焊预处理。回流焊预处理的温度曲线，参考IPC/JEDEC J-STD-020D标准，应满足图1要求，峰值温度的选取如表5所示。波峰焊预处理的温度曲线，应满足图2要求。各电感器件制造厂可以自由选择回流焊或波峰焊进行预处理。回流焊或波

峰焊的预处理次数为3次，每次时间间隔不少于15 min、不多于60 min。预处理可以采取焊接于PCB板上的形式或使用其他规定的样品装载治具。

注：各电感器制造厂可以与客户协商确定特殊应用场景中预处理的条件及次数。

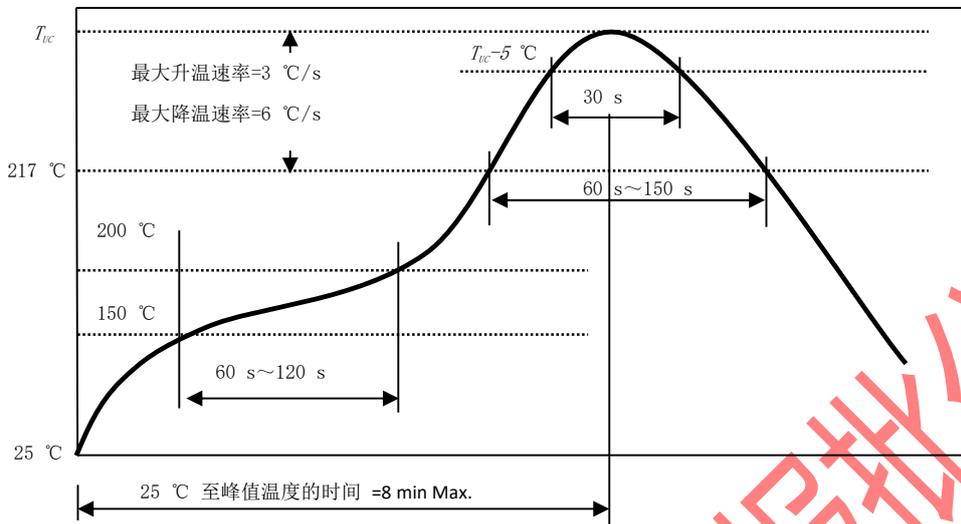


图 1 回流焊曲线

表 5 无铅工艺-回流焊温度分类

产品厚度/mm	体积/mm <sup>3</sup>		
	<350	350-2000	>2000
<1.6	260 °C	260 °C	260 °C
1.6-2.5	260 °C	250 °C	245 °C
>2.5	250 °C	245 °C	245 °C

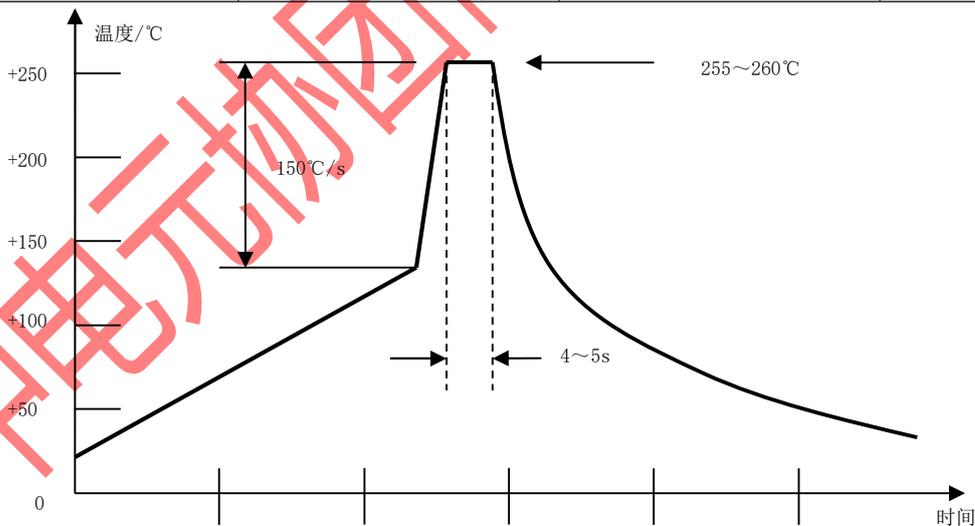


图 2 波峰焊曲线

#### 4.8 失效

试验后样品的外观和电性能不符合4.6.2的要求即判为失效，制造厂应对失效模式、失效原因、失效机理进行分析，并提出纠正措施。

#### 4.9 合格

按照本规范规定的试验项目、试验条件、抽样数进行试验，经受了所有的试验项目，且无失效，即为通过可靠性认定。若试验认定产生失效，应对失效原因分析并实施纠正措施后，再重新提交样品进行试验。若再次试验合格，则通过可靠性认定，否则需持续改善到合格为止。

### 5 可靠性认定

#### 5.1 可靠性认定试验项目

表6是研发、量产、工程变更等阶段的可靠性认定项目表：

表 6 可靠性认定项目表

编号	试验项目	样本 (个/批) 方案 A	样本 (个/批) 方案 B	批次			允许 失效数 (个)	试验方法	测试 必要性
				研发	量产	工程变更			
1	外观检查	需要在可靠性试验项目中执行该检测的所有样品					0	5.5.1	必测
2	试验前后电性测试	需要在可靠性试验项目中执行该检测的所有样品					0	5.5.2	必测
3	尺寸	22	30	3	必测	3	0	5.5.3	必测
4	基板弯曲试验	22	30	3	必测	3	0	5.5.4	必测
5	引出端强度	22	30	3	必测	3	0	5.5.5	必测
6	机械冲击	22	30	3	1	3	0	5.5.6	可选
7	振动	22	30	3	1	3	0	5.5.7	必测
8	耐焊接热	22	30	3	1	3	0	5.5.8	可选
9	可焊性	22	30	3	1	3	0	5.5.9	必测
10.1	温度变化 (温度冲击)	22	77	3	1	3	0	5.5.10.1	必测
10.2	温度变化 (温度循环)	22	77	3	1	3	0	5.5.10.2	可选
11	低温存储	22	77	3	1	3	0	5.5.11	必测
12	高温存储	22	77	3	1	3	0	5.5.12	可选
13.1	高温负载 (直流负载)	22	77	3	1	3	0	5.5.13	必测
13.2	高温负载 (交流负载)	22	77	3	1	3	0	5.5.13	可选
14	恒定湿热	22	77	3	1	3	0	5.5.14	必测
15	湿热负载	22	77	3	1	3	0	5.5.15	可选
16	盐雾试验	15	15	3	1	1	0	5.5.16	可选

注：关于样本量的选择，方案A和方案B各电感器制造厂可自定义，任选其一开展试验。

## 5.2 研发可靠性认定

应按照表6进行所有项目的可靠性试验。

## 5.3 量产可靠性认定

应按照表6进行所有项目的可靠性试验。量产可靠性认定的试验频次为1次/年。

## 5.4 工程变更可靠性认定

工程变更可靠性认定方案见附录 B。

## 5.5 试验方法

### 5.5.1 外观检查

用目检法或显微镜检查产品的状态、加工质量和表面质量。必要时，可使用显微镜放大10倍及以上进行检查。

### 5.5.2 电性能测试方法

#### 5.5.2.1 电感量和品质因数

按照IEC 62024-1:2017的4.1和4.2试验，并明确以下要求：

- a) 测试频率；
- b) 测试电压。

#### 5.5.2.2 直流电阻

按照IEC 62024-1:2017的第6章试验。

#### 5.5.2.3 阻抗

按照IEC 62024-1:2017的4.3试验，并明确以下要求：

- a) 测试频率；
- b) 测试电压。

#### 5.5.2.4 匝间耐压

匝间耐压的测试方法见附录C，并明确以下要求：

- a) 波形；
- b) 电压幅值；
- c) 波形变化的比较方法及判定要求。

#### 5.5.2.5 饱和电流

按照IEC 62024-2:2020的第5章试验，并明确以下要求：

- a) 测试频率；
- b) 测试电压；
- c) 偏置电流加载方式及对应的电感量或下降幅度。

### 5.5.2.6 温升电流

按照IEC 62024-2:2020的第6章试验，并明确以下要求：

- a) 温升值；
- b) 测量位置及方法；

### 5.5.2.7 额定电流

按照IEC 62024-2:2020的第7章试验，温升电流和饱和电流中较小者为额定电流。

### 5.5.3 尺寸

使用符合精度要求的量具对产品规格书定义的各项尺寸进行检查。

### 5.5.4 基板弯曲试验(仅适应于表面贴装电感(SMD))

按照GB/T 2423.60-2008的Ue1进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照4.7条规定进行预处理；
- b) 测试板厚度： $(1.6 \pm 0.2)$  mm；  
测试板材质：玻璃纤维环氧树脂覆铜板（FR4）；
- c) 经受一个以 $(1 \pm 0.5)$  mm/s的速度渐渐弯曲 $(2 \pm 0.2)$  mm的弯曲，  
弯曲状态的维持时间： $(20 \pm 1)$  s；
- d) 试验后检测项目及合格判定：满足4.6.1和4.6.2的要求。

### 5.5.5 引出端强度

#### 5.5.5.1 拉力试验（抗拉强度，仅适用插件电感）

按照 GB/T 2423.60-2008的Ua1进行试验，并采用以下细则：

- a) 将样品本体固定，使其引出端处于正常位置，将拉力沿轴向施加到引出端上，并作用在离开试验样品主体的方向上，维持 $(10 \pm 1)$  s。拉力选取数值见表7。
- b) 外观检查：用目检法检查外观，必要时，可使用显微镜放大10倍及以上进行检查，应无可见机械损伤。

表 7 拉力选取数值表

标称截面积 (S) <sup>a)</sup> / mm <sup>2</sup>	相应的圆截面引出端直径 (d) / mm	拉力 (容差±10%) / N
$S \leq 0.05$	$d \leq 0.25$	1
$0.05 < S \leq 0.10$	$0.25 < d \leq 0.35$	2.5
$0.10 < S \leq 0.20$	$0.35 < d \leq 0.50$	5
$0.20 < S \leq 0.50$	$0.50 < d \leq 0.80$	10
$0.50 < S \leq 1.20$	$0.80 < d \leq 1.25$	20
$S > 1.20$	$d > 1.25$	40

注：<sup>a)</sup> 对于圆截面引出端，带状引出端或插头，其标称截面面积等于有关规范规定的诸标称尺寸的计算值，对于绞合线引出端，其标称截面积为由有关规范规定的单股引线截面积的总和。

#### 5.5.5.2 弯曲试验（仅适应于插件电感）

按照GB/T 2423.60-2008的Ub进行试验，并采用以下细则：

- a) 固定样品本体，使引出端处于试验样品正常使用位置，其引出端的轴向处于垂直方向，然后在试验品引出端的末端悬挂施加弯曲力的砝码。将试验样品主体在垂直平面内倾斜大约 $90^\circ$ ，然后使其恢复到初始位置，此操作即为一个弯曲。弯曲施加力数值参考表8。
- b) 在同一或者相反方向弯曲二次。
- c) 外观检查：用目检法检查外观，必要时，可使用显微镜放大10倍及以上进行检查，应无可见机械损伤。

表 8 弯曲施加力值表

截面模量 ( $Z_x$ ) / $\text{mm}^3$	相应的圆截面引出端直径 (d) /mm	力 (容差 $\pm 10\%$ ) /N
$Z_x \leq 1.5 \times 10^{-3}$	$d \leq 0.25$	0.50
$1.5 \times 10^{-3} < Z_x \leq 4.2 \times 10^{-3}$	$0.25 < d \leq 0.35$	1.25
$4.2 \times 10^{-3} < Z_x \leq 1.2 \times 10^{-2}$	$0.35 < d \leq 0.50$	2.50
$1.2 \times 10^{-2} < Z_x \leq 0.5 \times 10^{-1}$	$0.50 < d \leq 0.80$	5.00
$0.5 \times 10^{-1} < Z_x \leq 1.9 \times 10^{-1}$	$0.80 < d \leq 1.25$	10.00
$1.9 \times 10^{-1} < Z_x$	$1.25 < d$	20.00

注：1.对于圆截面引出端，其截面模量：  

$$Z_x = (\pi d^3)/32,$$
 式中：  
 d——引出端直径。

2.对于带状引出端，其截面模量  

$$Z_x = (ba^2)/6,$$
 式中：  
 a——与弯曲轴垂直的带状引出端的厚度；  
 b——矩形带状引出端的另一边尺寸。

3.截面模量按GB/T 3102.3-1993中3-21的定义。

### 5.5.5.3 剪切试验(仅适应于表面贴装电感)

按照GB/T 2423.60-2008的Ue3进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理；
- b) 焊料：Sn96.5Ag3.0Cu0.5；
- c) 作用力：施加于电感的剪切作用力满足表 9 要求。

表 9 施加的剪切作用力表

公制尺寸	至少应施加的作用力(N)
0402	2
0603	3
1005	5
1608	7
2012 及以上	10

- d) 以恒定速度沿平行于基板和垂直于样品侧表面方向施加推力，并保持 $(10 \pm 1)$ s，推力的最大值应在5s内达到；
- e) 外观检查：用目检法检查外观，必要时，可使用显微镜放大10倍及以上进行检查，应无可见机械损伤。

### 5.5.6 机械冲击

按照 GB/T 2423.5-2019 进行试验，并采用以下细则：

- a) 半正弦波，峰值加速度：100 g，脉冲宽度：6 ms；
- b)  $\pm X$ 、 $\pm Y$ 、 $\pm Z$  六个方向各 3 次，共 18 次；
- c) 试验基板要求：

测试用PCB板形状及尺寸如图3所示，每个板上最多放置6个产品，若产品尺寸过大，导致图3中规定的外框尺寸不能满足要求，则可将外框尺寸进行同比例放大。

PCB厚度：0.8 mm，1.2 mm或1.6 mm；

PCB材质：FR4；

注：覆铜面积占整板面积的50%~70%。

- d) 试验前后检测项目及合格判定：满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

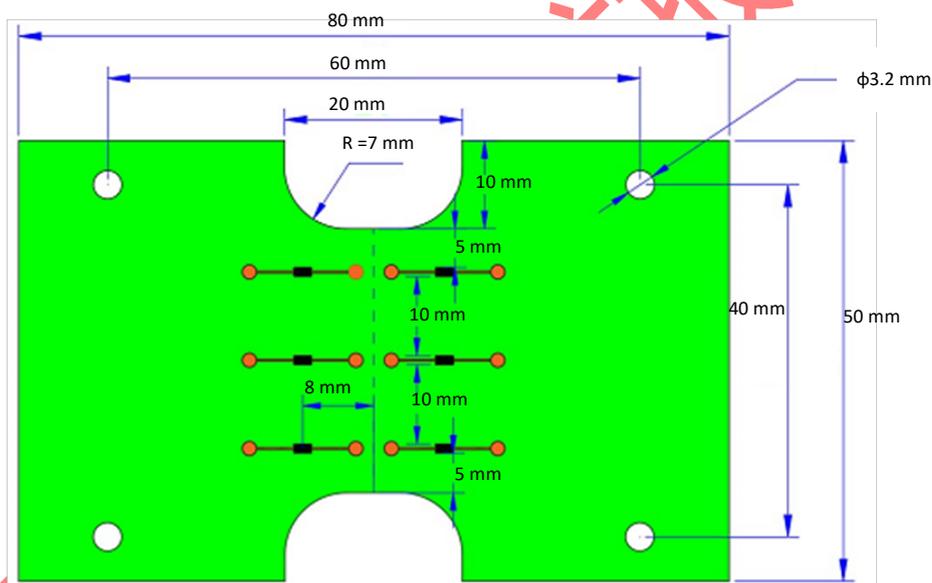


图3 测试用PCB板要求

### 5.5.7 振动

按照 GB/T 2423.10-2019 的方法进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理；
- b) 频率：对数扫频，10 Hz~ 55 Hz~ 10 Hz/min 为一个周期；
- c) 振幅：峰值 0.75 mm；
- d) 持续时间：X、Y、Z 三个方向，每方向 2 h，共 6 h；
- e) 产品的安装方式：制造厂可在相关文件中依据和客户达成的一致意见进行规定；
- f) 试验前后检测项目及合格判定：满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

### 5.5.8 耐焊接热

按照IEC 60068-2-20:2008的试验方法Tb进行，用焊槽法进行试验，并采用以下细则：

- a) 助焊剂：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇；
- b) 浸入速率： $\leq 1$  s
- c) 试验温度： $(260 \pm 3)$  °C；
- d) 浸渍时间： $(10 \pm 1)$  s；
- e) 焊料：Sn96.5Ag3.0Cu0.5 或 Sn99.3Cu0.7；
- f) 试验前后检测项目及合格判定：满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

### 5.5.9 可焊性

按照IEC 60068-2-20:2008的试验方法Ta进行，用焊槽法进行试验，并采用以下细则：

- a) 预处理要求：蒸汽老化 1 h；
- b) 助焊剂：按质量计 25 %松香和 75 %的异丙醇或乙醇；
- c) 侵入锡炉速度： $(25 \pm 2.5)$  mm / s；
- d) 试验条件： $(245 \pm 3)$  °C， $(3 \pm 0.3)$  s，焊料：Sn96.5Ag3.0Cu0.5；  
或 $(250 \pm 3)$  °C， $(3 \pm 0.3)$  s；焊料：Sn99.3Cu0.7；
- e) 试验后：使用显微镜放大 10 倍及以上进行检查，引出端的焊锡覆盖率不少于 95 %。

### 5.5.10 温度变化

#### 5.5.10.1 温度变化（温度冲击）

按照GB/T 2423.22-2012的试验方法Na进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理；
- b) 试验温度与温区保持时间： $T_{uc}/(30 \pm 3)$  min  $\rightarrow$   $T_{lc}/(30 \pm 3)$  min；
- c) 温区转换时间：最大 3 min；
- d) 试验循环数：等级 A:20，等级 B:32，等级 C:50，等级 D:100；
- e) 试验前后检测项目及合格判定：满足4.6.1和4.6.2的要求。

注：试验循环数的等级代号的使用见附录A。

#### 5.5.10.2 温度变化（温度循环）

按照GB/T 2423.22-2012的试验方法Nb进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理；
- b) 试验温度与温区保持时间： $T_{uc}/$ 至少 5min  $\rightarrow$   $T_{lc}/$ 至少 5min；
- c) 温度转换速率： $(5-15)$  °C/min，或各制造厂依据客户需求自定义；
- d) 试验循环数：等级 A:20，等级 B:32，等级 C:50，等级 D:100；
- e) 试验前后检测项目及合格判定：满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

注：试验循环数的等级代号的使用见附录A。

### 5.5.11 低温存储

按照GB/T 2423.1-2008的试验方法A进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理；

- b) 试验温度:  $T_{LC}$  ;
- c) 试验时间: 等级 A:  $96_0^{+8}$  h, 等级 B:  $500_0^{+24}$  h, 等级 C:  $1000_0^{+24}$  h;
- d) 试验前后检测项目及合格判定: 满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

注: 试验时间的等级代号的使用见附录A。

#### 5.5.12 高温存储

按照GB/T 2423.2-2008的试验方法Bb进行试验, 并采用以下细则:

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理;
- b) 试验温度:  $T_{UC}$ ;
- c) 试验时间: 等级 A:  $96_0^{+8}$  h, 等级 B:  $500_0^{+24}$  h, 等级 C:  $1000_0^{+24}$  h;
- d) 试验前后检测项目及合格判定: 满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

注: 试验时间的等级代号的使用见附录A。

#### 5.5.13 高温负载

按照GB/T 2423.2-2008的试验方法Bb进行试验, 并采用以下细则:

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理;
- b) 试验温度:  $T_{UC}$ ;
- c) 试验时间: 等级 A:  $96_0^{+8}$  h, 等级 B:  $500_0^{+24}$  h, 等级 C:  $1000_0^{+24}$  h;
- d) 直流负载: 加载额定电流;
- e) 交流负载: 交流负载电流的有效值为电感器额定温升电流的30%, 交流电流的频率为客户指定或标称的最大工作频率;
- f) 产品的安装方式: 生产厂家可在相关文件中依据和客户达成的一致意见进行规定;
- g) 试验前后检测项目及合格判定: 满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。

注 1: 试验时间的等级代号的使用见附录 A。

注 2: 磁材为非金属材料的电感器仅采用直流负载, 磁材为金属材料的电感器采用直流负载叠加交流负载。

#### 5.5.14 恒定湿热

按照GB/T 2423.3-2016的试验方法Cab或GB/T 2423.50-2012进行试验, 并采用以下细则:

- a) 应按照 4.7 条规定进行预处理;
- b) 试验温度与湿度:  $(60 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , 90 %RH ~ 95 %RH
- c) 或  $(85 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , 80 %RH ~ 90 %RH (中心设定值: 85%RH)
- d) 试验时间: 等级 A:  $96_0^{+8}$  h, 等级 B:  $500_0^{+24}$  h, 等级 C:  $1000_0^{+24}$  h;
- e) 试验前后检测项目及合格判定: 满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求。对于磁材内含金属材料的电感, 试验后追加外观生锈检测, 要求成片的锈斑面积不超过易生锈部分总表面积的十分之一。

注: 试验时间的等级代号的使用见附录A。

### 5.5.15 湿热负载

按照GB/T 2423.3-2016的试验方法Cab或GB/T 2423.50-2012进行试验，并采用以下细则：

- a) 应按照4.7条规定进行预处理；
- b) 试验温度与湿度： $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，90% ~ 95%  
或  $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，80%RH ~ 90%RH（中心设定值：85%RH）；
- c) 直流负载：加载额定电流；
- d) 试验时间：等级 A:  $96_0^{+8}$  h，等级 B:  $500_0^{+24}$  h，等级 C:  $1000_0^{+24}$  h；
- e) 产品的安装方式：生产厂家可在相关文件中依据和客户达成的一致意见进行规定；
- f) 试验前后检测项目及合格判定：满足 4.6.1 和 4.6.2 的要求

注：试验时间的等级代号的使用见附录A。

### 5.5.16 盐雾

按照GB/T 2423.17-2008进行试验，并采用以下细则：

- a) 盐溶液： $(5 \pm 1)\%$ （质量比）的氯化钠溶液；
- b) PH 值：温度为  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  时，溶液的 PH 值应在 6.5~7.2 内；
- c) 试验条件：试验箱的温度维持在  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ ；
- d) 试验时间：等级 A: 16 h，等级 B: 24 h，等级 C: 48 h；
- e) 盐雾沉降率：在工作空间内任一点，收集面积为  $80\text{ cm}^2$  的收集器，连续收集至少 16 h，平均每小时收集量应在  $1.0\text{ ml} \sim 2.0\text{ ml}$  之间，至少应采用 2 个收集器；
- f) 依据 e) 收集到的溶液，在  $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$  测量时，浓度和PH值应符合a)和b)的要求
- g) 试验结束后，除非有相关规定，小试样应在自来水下冲洗5min，然后用蒸馏水或去离子水冲洗，然后晃动或用气流干燥去掉水滴。清洗用水的温度不应超过 $35^\circ\text{C}$ 。如有必要，相关规范应规定较大试样的清洗和干燥方法。
- h) 试验前后检测项目及合格判定：试样应进行外观检查，要求成片的锈斑面积不超过易生锈部分总表面积的五分之一。如客户指定需进行电性检测，则需满足4.6.1和4.6.2的要求。

注1：仅适用于容易生锈的磁芯材料，如硅钢片，铁粉芯等，以及客户应用到靠近海边的室外，外壳没有密封的电子产品等。

注2：对于不同类型，或不同应用的产品是否要实施盐雾试验、以及所需的试验时间可依据制造厂和客户间达成的一致意见在相关文件中予以规定。

附 录 A  
(资料性附录)  
等级代号的使用

各章条的等级代号有其具体的含义，不能脱离章条理解，不同章条的等级并无关系。

例如：“表3 电感量变化率等级”的等级“A”与5.5.10.1的试验循环数等级“A”就具有不同的含义，虽然都使用了等级“A”这个字母。具体使用须知见表A.1：

表 A.1 等级代号使用须知

编号	涉及章节号	涉及内容	使用须知
1.	4.5	极限工作温度范围	表1中的极限温度是指电感器件可能的极限工作温度范围，按照高温和低温的限值不同而区分为不同等级，这些温度是定义部分气候环境试验的依据。电感制造厂家应根据客户要求和产品耐温能力选择合适的等级，并在相关文件中予以明确。
2	4.6.2.1	电感量变化率等级与阻抗变化率等级	表3和表4中的变化率是指试验后的电感量或阻抗相比实验前测试值的变化率，按照变化率的幅值范围不同而分成不同等级。电感制造厂家应根据客户要求和产品可靠性水平定义合适的等级，并在相关文件中予以明确。
3	5.5.10~5.5.16	试验时间或试验循环次数等级	在5.5.10~5.5.16中各节中有不同的试验时间或试验循环次数等级，各等级对应不同的试验时间或试验循环次数。对于相应的试验条件，不同的试验时间或试验循环次数代表对应应用环境下的寿命水平不同。电感制造厂家应根据客户需求和产品可靠性水平定义合适的等级，并在相关文件中予以明确。

附 录 B  
(规范性附录)  
工程变更可靠性认定

应该按照表A.1要求进行工程变更可靠性认定，表B.1中各章条号对应的试验项目名称如下：

5.5.4 基板弯曲试验(仅适应于表面贴装电感(SMD))	5.5.5 引出端强度	
5.5.6 机械冲击	5.5.7 振动	5.5.8 耐焊接热
5.5.9 可焊性	5.5.10.1 温度变化(温度冲击)	5.5.10.2 温度变化(温度循环)
5.5.11 低温存储	5.5.12 高温存储	5.5.13 高温负载
5.5.14 恒定湿热	5.5.15 湿热负载	5.5.16 盐雾试验

表 B.1 工程变更可靠性认定项目选择指南

	5.5.4	5.5.5	5.5.6	5.5.7	5.5.8	5.5.9	5.5.10.1	5.5.10.2	5.5.11	5.5.12	5.5.13	5.5.14	5.5.15	5.5.16
<b>材料</b>														
磁体	●	●	○	●	○	●	●	○	●	○	●	●	○	○
线圈	-	-	-	-	○	-	●	○	-	-	●	●	○	○
引出端	●	●	○	●	○	●	●	○	-	○	●	●	○	○
<b>结构</b>														
磁体	●	●	○	●	○	●	●	○	●	○	●	●	○	○
线圈	-	-	-	-	○	-	●	○	-	-	●	-	○	○
引出端	●	●	○	●	○	●	●	○	-	○	●	●	○	○
<b>工艺</b>														
磁体	●	●	○	●	○	●	●	○	●	○	●	●	○	○
线圈	-	-	-	-	○	-	●	○	-	-	●	-	○	○
引出端	●	●	○	●	○	●	●	○	-	○	●	●	○	○
<b>其他</b>														
场地	●	●	○	●	○	●	●	○	●	○	●	●	○	○
<p>注：“●”表示相应工程变更情况下必须检测与验证的可靠性试验项目；  “○”表示相应工程变更情况下可选检测与验证的可靠性试验项目。  “-”表示相应工程变更情况下可不做的可靠性试验项目。</p>														

## 附录 C (规范性附录) 匝间耐压

### C.1 试验目的

瞬间突然变化且作用时间极短的电压或电流称为脉冲信号。它可以是周期性重复的，也可以是非周期性的或单次的。常见的脉冲波形有矩形脉冲、方波脉冲、尖脉冲、锯齿脉冲、阶梯脉冲、间歇正弦脉冲等。以线圈脉冲测试为例，线圈类产品（如变压器、绕线功率电感等）由于绕线材料、磁性材料、骨架、加工工艺等因素的影响会产生线圈层间、匝间及引脚间等绝缘性能的降低，通过脉冲电压测量，判定测试产品的优劣。

### C.2 试验原理

测量时将与标准线圈测量时相同的脉冲通过电容器放电施加于被测线圈，由于线圈电感量和 Q 值的存在，将响应一个对应于该放电脉冲的电压衰减波形，比较该衰减波形的某些特征，可以检测线圈匝间和层间短路及圈数和磁性材料的差异，通过施加一个高电压脉冲，根据出现的电晕或层间放电来判断绝缘不良。测试原理图如图 C.1。

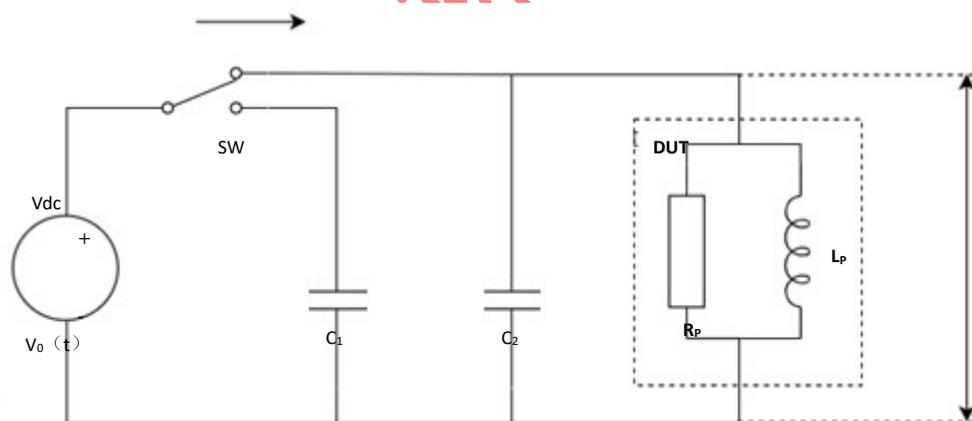


图 C.1 测试原理图

### C.3 试验方法

将标准线圈的采样波形存储于仪器中，测试时将被测线圈的测试波形与标准波形比较，根据设定的判据（面积、面积差、电晕、相位差等）以判定被测产品的优劣。

#### C.3.1 波形面积比较法

如图 C.2，在任意指定的 A~B 区间内对被测线圈测试波形面积进行(积分)计算，并与标准波形在此

区间内的面积进行比较,用这两个波形面积的差异值与标准波形在此区间的面积的百分比作为判定依据,判定基准用百分比来设定。

注:波形面积近似的与能量损失成正比,所以可以使用面积比较方法来判断线圈中的能量损耗,有效的检测线圈层间或匝间短路。

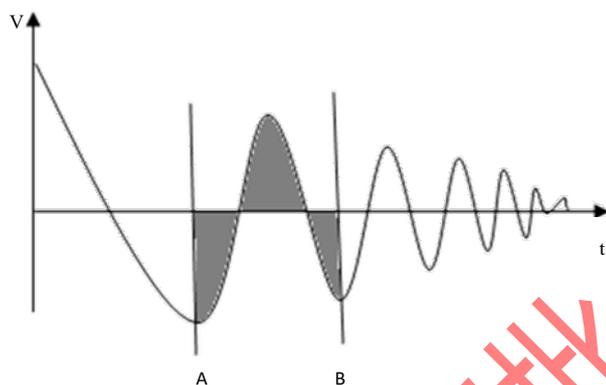


图 C.2 面积比较法波形图

### C.3.2 波形面积差比较法

如图 C.3,在任意指定 A~B 区间内对被测线圈测试波形和标准波形的 Y 轴方向的差异值进行计算(积分计算的结果为 A~B 区间内的阴影部分)和标准波形在此区间的面积比较,基准用百分比来设定。

注:面积差比较方法主要表现了电感量的差异和能量的损耗,这个比较方法可以有效的检测标准线圈和被测线圈的电感量差异。

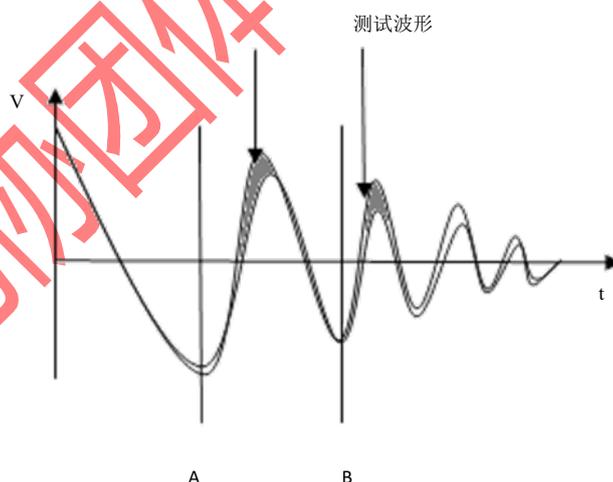


图 C.3 面积差比较法波形图

### C.3.3 电晕放电比较法

如图 C.4,与波形的差异无关,在任意指定的 A~B 区间内,仅在被测线圈测试波形包含的电晕放电尖峰中检出高频成分进行面积(积分)计算,并将计算结果与设定值进行比较,判定电晕放电量是否符合

格，设定值是一个整数。

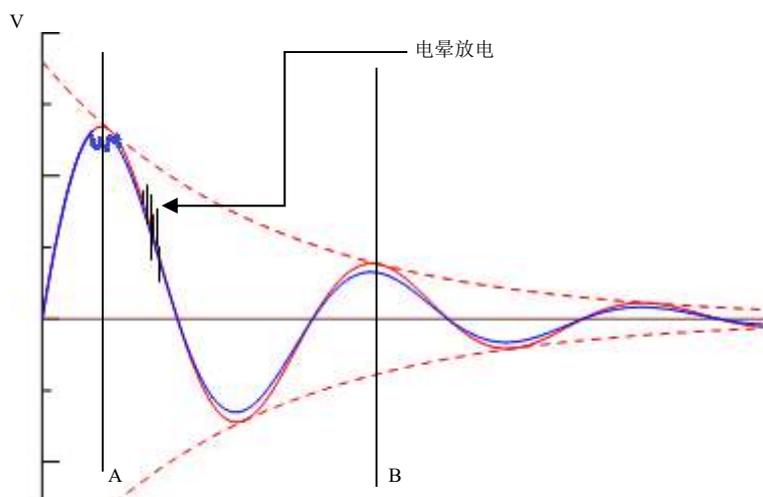


图 C.4 放电量二次微分测试波形图

#### C.3.4 相位差比较法

如图 C.5，指定一个需要作比较的过零点，测量仪器判断被测线圈测试波形和标准波形在这个过零点的偏移量，然后和标准波形的振荡周期作比较，并用这两个量的百分比作为判断依据，基准用百分比来设定。如图中，A~B 间是偏移量，C~D 间是标准波形振荡周期，设定的是比较波形的第三个过零点。

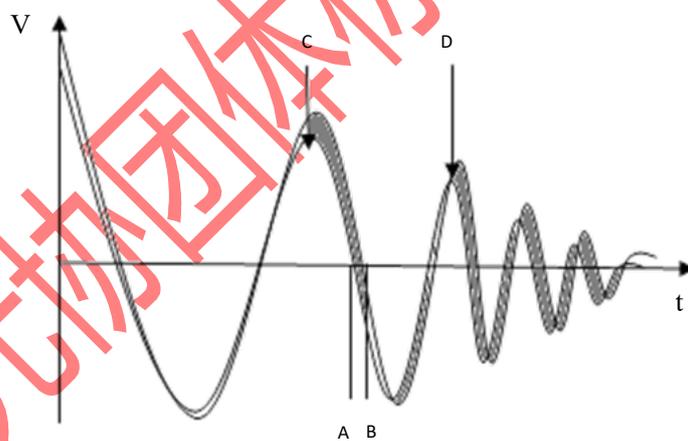


图 C.5 相位差测试波形图

#### C.4 试验条件

设定标准波形、测量电压

#### C.5 试验装置

测试仪器可采用脉冲式线圈测试仪，夹具有鳄鱼夹或根据不同产品选择匹配夹具。

## C.6 试验程序

### C.6.1 初始检测

对试验样品进行电性参数测量，以及外观与机械性检查，电性参数测量条件依据有关规范规定要求，外观与机械性检查放大倍数应在 10 倍及以上或按有关标准规定的放大倍数。

#### 参数设定

试验仪器上设定试验参数，包括脉冲电压值设定、脉冲次数设定、波形显示设定、触发方式设定、延时设定等。

#### 样品固定

将标准样品固定在测试夹具连接到测试仪器。

注：标准样品为匝间耐压合格的样品。

#### 标准波形采样

采集标准样品的标准波形，记录。

### C.6.2 脉冲电压测量

将被测件固定于测试夹具，设定比较参数，测量脉冲电压。

## C.7 判定方法

参考产品规格书或相关文件中的规定。