

团 体 标 准
T/CWDPA

T/CWDPA XXXX—XXXX

平面变压器用 PCB 绕组技术要求

Technical requirements for PCB windings used in planar transformers

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

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 技术要求 1

5 试验方法 3

6 检验规则 7

7 标志、包装、运输与贮存 8

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XXXX提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

平面变压器用 PCB 绕组技术要求

1 范围

本文件规定了平面变压器用PCB绕组的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输与贮存等内容。

本文件适用于平面变压器用PCB绕组的设计、制造、检验与验收，其他类似结构的平面电感器用PCB绕组可参照使用。

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 2423.17 环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
- GB/T 2423.22 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- 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 4588.4 刚性多层印制板分规范
- GB/T 4677 印制板测试方法
- GB/T 4721 印制电路用覆铜箔层压板
- GB/T 4722 印制电路用覆铜箔层压板试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

- 3.1
平面变压器 planar transformer
将绕组以平面导体结构布置在磁芯中的变压器，具有高度低、高频损耗小、散热性能好等特点。
- 3.2
PCB绕组 PCB winding
采用印制电路板（PCB）技术制作的变压器绕组，由印制在基材上的导电图形、过孔及层间互连导体构成。
- 3.3
线宽 line width
PCB绕组导电图形中导体的宽度。
- 3.4
线距 line spacing
PCB绕组相邻导体边缘之间的最小距离。
- 3.5
层间对准度 layer registration
多层PCB各层导电图形之间以及导电图形与过孔之间在平面方向上的相对位置偏差。

4 技术要求

4.1 材料要求

4.1.1 基材

平面变压器用PCB绕组的基材应选用满足耐热等级要求的覆铜箔层压板，其具体型号和性能应符合GB/T 4721的规定。基材的玻璃化转变温度（ T_g ）应不低于150℃，耐热等级应不低于B级（130℃），以应绕组在变压器工作温度下具有足够的尺寸稳定性和绝缘性能。基材的厚度、铜箔类型及覆铜箔层压板的各项性能指标应符合产品设计文件和供需双方签订的协议要求。对于高频应用场景，基材的介电常数和介质损耗因数应满足产品规范对高频特性的限定要求。

4.1.2 铜箔

铜箔应采用纯度不低于99.8%的电解铜箔或压延铜箔，其厚度、单位面积质量、抗拉强度、延伸率及粗糙度等技术指标应符合产品设计文件的规定。绕组用铜箔厚度宜优先选用18 μm、35 μm、70 μm、105 μm等标准系列值，特殊情况可按产品规范选用其他厚度。铜箔表面应光洁、无氧化、无划伤、无油污及其他影响绕组电气性能和可焊性的缺陷。铜箔与基材之间的剥离强度应满足4.4.1的要求。

4.1.3 阻焊层与表面处理

阻焊层应均匀覆盖绕组图形表面，不应露出铜面，阻焊油墨应采用与基材热膨胀系数相匹配、耐热性满足焊接工艺要求的产品。阻焊层的绝缘电阻、附着力及耐热性应满足产品规范要求。绕组焊盘和连接区域的表面处理应可焊性和可靠性，宜采用热风整平、化学镀镍浸金、有机可焊性保护膜等工艺。表面处理层的厚度和均匀性应符合产品规范的规定，处理后不应损伤绕组图形和基材。

4.2 结构与尺寸要求

4.2.1 绕组图形

绕组图形应按设计文件规定的匝数、线宽、线距、引出端位置及过孔布局进行制作。绕组图形应完整、清晰，不应存在断路、短路、缺口、毛刺、残余铜箔及明显凹陷等影响电气性能的缺陷。线宽和线距的设计值应根据绕组载流量、绝缘耐压及制造工艺能力确定，在满足电气性能的前提下宜采用均匀一致的线宽和线距。绕组的串联匝数、并联结构及引出端顺序应满足产品规范要求，不应出现反绕、错绕等错误。

4.2.2 尺寸公差

绕组导体的线宽、线距、焊盘直径、过孔直径及外形尺寸的公差应符合设计文件的规定。若设计文件未作明确规定，线宽和线距的制造公差宜为 $\pm 10\%$ ，而最小线宽不应小于0.10 mm；焊盘直径公差宜为 ± 0.10 mm；过孔直径公差宜为 ± 0.05 mm。多层板的层间厚度及总厚度公差应符合GB/T 4588.4的相关规定。外形尺寸的公差等级应满足平面变压器磁芯装配和整体安装的配合要求。

4.2.3 层间对准

多层PCB绕组各层导电图形之间、导电图形与过孔之间的层间对准度应满足产品设计要求。层间对准度的具体公差值由产品规范确定，最大允许偏差不宜超过 ± 0.10 mm；对于高密度互连结构，层间对准度偏差不宜超过 ± 0.05 mm。层间对准应通过各层之间设置的靶标或对位标记进行控制，应多层绕组叠合后各层导线之间的相对位置准确，绝缘距离满足耐压要求。

4.3 电气性能要求

4.3.1 直流电阻

平面变压器用PCB绕组在规定温度下的直流电阻应满足产品规范规定的限值要求。直流电阻的测量值应根据绕组铜箔的实际导电截面积和长度进行计算校核，多层并联绕组的各分层电阻值应一致，应电流分配均匀。直流电阻的允许偏差宜为标称值的 $\pm 10\%$ ，特殊要求时由双方协商确定。绕组直流电阻的温度修正应按铜的电阻温度系数进行换算，折算至20℃基准温度下进行比较。

4.3.2 电感量

绕组在规定的测试频率和电压条件下测得的电感量应与设计值相符，电感量标称值及其允许偏差由产品规范规定，宜为标称值的 $\pm 5\%$ 。测量时应采用与平面变压器实际工作条件相符的测试频率，并

在绕组中通过规定的直流偏置电流进行叠加测量，以应绕组在预期工作状态下的电感量满足要求。电感量测试结果应能同时反映绕组匝数、磁芯配合后的磁路特性以及绕组结构的正确性。

4.3.3 绝缘电阻与耐压

各绕组之间、绕组与外部可触及导体之间的绝缘电阻应不低于100 M Ω （在直流电压500 V条件下测量），具体限值由产品规范确定。绕组层间及绕组与其他金属部件之间的绝缘应能承受规定的工频或直流试验电压而无击穿、闪络现象。耐压试验电压值、施加时间及漏电流限值应符合产品规范的规定，试验后绕组不应出现绝缘性能明显下降或机械损伤。

4.4 机械性能要求

4.4.1 剥离强度

铜箔与基材之间的剥离强度应满足GB/T 4722中规定的试验方法，在常态和热应力后均不应低于产品规范规定的限值，宜规定最小值不低于0.8 N/mm。多层板内层铜箔与半固化片之间的结合力应通过层压工艺控制，应在后续焊接和装配过程中不发生分层、起泡等缺陷。

4.4.2 翘曲度

PCB绕组的翘曲度应不影响平面变压器磁芯安装和绕组叠装，在自然平放状态下测量，翘曲度（翘曲高度与对角线长度的百分比）应不大于0.75 %，具体限值由产品规范确定。带有磁芯的成品组件，在磁芯装配后不应因绕组翘曲而产生附加间隙或导致磁芯破损。

4.4.3 可焊性

绕组焊盘和引出端应具有良好的可焊性，经规定条件的老化处理后，焊接表面应能被焊料均匀润湿，润湿面积应不小于焊盘面积的95 %。可焊性试验的测试条件、焊料温度、浸锡时间及评定方法应符合GB/T 4677的规定。

4.4.4 热冲击

绕组应能承受规定的焊接温度冲击而不出现基材分层、起泡、铜箔翘起及阻焊层开裂等缺陷。热冲击试验条件应根据绕组实际经历的焊接工艺确定，宜在260 $^{\circ}\text{C} \pm 5$ $^{\circ}\text{C}$ 的锡浴中浸锡10 s $\pm$ 1 s，试验后绕组应保持结构完整，电气性能不低于本文件第4.3章要求，具体条件由产品规范规定。

4.5 环境适应性要求

4.5.1 温度循环

绕组应能承受规定温度循环试验而不产生开裂、分层、翘曲、导体断裂及电气性能劣化等缺陷。温度循环试验的低温温度、高温温度、转换时间、循环次数等参数由产品规范确定，试验方法按GB/T 2423.22执行。温度范围宜为-25 $^{\circ}\text{C}$ ~ +125 $^{\circ}\text{C}$ ，循环次数不少于100次。试验后绕组的外观和电气性能应满足本文件相关要求。

4.5.2 湿热

绕组应能在规定的湿热环境条件下正常工作，经恒定湿热试验后，其绝缘性能不应明显下降。湿热试验按GB/T 2423.3执行，宜试验条件为温度40 $^{\circ}\text{C} \pm 2$ $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度90 % ~ 95 %，持续时间为96 h，具体条件由产品规范确定。试验结束后在标准大气条件下恢复2 h，测量绕组绝缘电阻不应低于本文件4.3.3规定的限值。

4.5.3 盐雾

对应用于腐蚀性环境的绕组，其表面处理层经盐雾试验后不应出现明显的基体金属腐蚀、镀层剥落或保护膜失效现象。盐雾试验按GB/T 2423.17执行，试验持续时间由产品规范确定，不宜少于48 h。试验结束后，绕组外观应无明显腐蚀斑点，绝缘性能和可焊性仍应满足产品规范要求。

5 试验方法

5.1 试验条件

5.1.1 标准大气条件

5.1.1.1 除另有规定外，所有试验应在温度15℃~35℃、相对湿度25%~75%、大气压力86 kPa~106 kPa的标准大气条件下进行。试验前，试样应在该条件下放置不少于4 h，使其达到温度平衡。

5.1.1.2 对温度或湿度敏感的试验项目，应在产品规范规定更严格的试验环境条件。

5.1.2 试样准备

5.1.2.1 试样应从同一批产品中随机抽取，并应完整记录试样编号、批次号、生产日期及相关工艺信息。试样表面应清洁、无油污、无明显划痕及氧化变色。

5.1.2.2 进行电气性能试验的试样，其引出端应预先进行清洁处理，必要时可采用无水乙醇擦拭并充分干燥。进行环境适应性试验的试样，应在试验前测量并记录其初始性能参数，作为试验后性能对比的基准。

5.2 材料试验

5.2.1 基材性能试验

5.2.1.1 基材的玻璃化转变温度(T_g)、热分解温度(T_d)、吸水率及介电性能等参数，应按GB/T 4722规定的相应试验方法进行测试。

5.2.1.2 基材的厚度及其均匀性，应采用精度不低于0.01 mm的千分尺或同等精度的测量工具进行测量。测量点应在试样有效区域内均匀选取，每块试样测量点不少于5个，测量结果的最大值与最小值之差应满足产品规范的规定。

5.2.1.3 基材的外观质量应按GB/T 4721的规定进行检验，表面不应有气泡、裂纹、分层、凹陷及外来杂质等缺陷。

5.2.2 铜箔性能试验

5.2.2.1 铜箔的厚度应采用精度不低于0.001 mm的测厚仪进行测量。对于标称厚度为18 μm、35 μm、70 μm的铜箔，实测厚度应在标称值的±10 %范围内。

5.2.2.2 铜箔的方阻应按GB/T 4677规定的方法进行测试。在温度为20℃时，标称厚度为35 μm的铜箔，其方阻应不大于0.52 mΩ/□；其他厚度铜箔的方阻限值由产品规范规定。

5.2.2.3 铜箔与基材之间的剥离强度应按GB/T 4722规定的方法进行测试，具体指标应符合本文件4.4.1的规定。

5.2.3 阻焊层与表面处理试验

5.2.3.1 阻焊层的附着力和耐热性应按GB/T 4677规定的方法进行试验。将试样置于温度为260℃±5℃的锡炉中浸锡10 s，取出冷却后，阻焊层不应出现起泡、剥落、变色等异常现象。

5.2.3.2 表面处理层（如沉金、沉锡、OSP等）的厚度及均匀性应按产品规范规定的方法进行测量。沉金层厚度应不小于0.05 μm，沉锡层厚度应不小于0.8 μm，OSP膜层应均匀覆盖铜面，无露铜现象。

5.2.3.3 表面处理层的可焊性按本文件5.5.3的规定进行试验。

5.3 结构尺寸试验

5.3.1 绕组图形检验

5.3.1.1 绕组导电图形应通过目视检查或放大镜（放大倍数不低于5倍）进行检查，确认图形完整，无短路、断路、缺口、毛刺、凸起及凹坑等缺陷。

5.3.1.2 导线宽度和导线间距应采用精度不低于0.01 mm的测量显微镜或等效光学测量设备进行测量。每个绕组图形上应至少选取3个测量位置，每个测量位置重复测量3次，取其算术平均值作为测量结果。

5.3.1.3 绕组图形的线宽、线距实测值应符合本文件4.2.1的规定。当产品规范对线宽、线距有特殊要求时，应按产品规范执行。

5.3.2 尺寸测量

5.3.2.1 PCB绕组的外形尺寸（长度、宽度）应采用精度不低于0.02 mm的游标卡尺或等效测量工具进行测量。厚度应采用精度不低于0.01 mm的千分尺进行测量。

5.3.2.2 安装孔、定位孔的孔径及孔位尺寸应采用精度不低于0.01 mm的测量工具进行测量。孔壁质量应通过金相切片法进行检查，确认孔壁无分层、无裂纹、无空洞等缺陷。

5.3.2.3 外形尺寸及孔径的实测值应符合本文件4.2.2规定的尺寸公差要求。

5.3.3 层间对准度测量

5.3.3.1 层间对准度应采用光学投影仪、X射线检查仪或其他精度不低于 ± 0.01 mm的测量设备进行测量。

5.3.3.2 测量时，应以多层板最外层上的对准标记或定位孔为基准，分别测量各内层导电图形与该基准之间的相对偏移量。每个方向的偏移量应至少测量3次，取最大值作为该层的层间对准度。

5.3.3.3 层间对准度的实测值应符合本文件4.2.3规定的允差要求。当测量结果超出允差范围时，应判定该试样的层间对准度不合格。

5.4 电气性能试验

5.4.1 直流电阻测试

5.4.1.1 直流电阻应采用精度不低于 ± 0.5 %的直流低阻测试仪进行测量。测试前，应使用标准电阻对测试仪进行校准。

5.4.1.2 测量时，应使用四端接线法（开尔文法）以消除引线电阻和接触电阻的影响。测试电流的选择应使试样温升不超过1 °C。

5.4.1.3 每个绕组的直流电阻应至少测量3次，取其算术平均值作为测量结果。测量结果应符合本文件4.3.1规定的限值要求。如产品规范对温度修正有要求时，应按产品规范给定的公式将测量值修正到参考温度下的电阻值。

5.4.2 电感量测试

5.4.2.1 电感量应采用精度不低于 ± 2 %的LCR数字电桥或阻抗分析仪进行测量。测试频率和测试电平应按产品规范的规定执行。

5.4.2.2 测量前，应进行开路 and 短路校准，以消除测试系统固有误差。测量时，应将试样的引出端可靠连接至测试夹具，应接触良好。

5.4.2.3 每个试样的电感量应至少测量3次，取其算术平均值作为测量结果。测量结果应符合本文件4.3.2规定的范围要求。

5.4.3 绝缘电阻与耐压测试

5.4.3.1 绝缘电阻应采用绝缘电阻测试仪进行测量，测试电压为直流500 V $\pm$ 10 V，充电时间不少于60 s。测试点应包括相邻绕组层之间、绕组与磁芯（如可接触）之间及各引出端之间。

5.4.3.2 绝缘电阻的实测值应符合本文件4.3.3的规定。

5.4.3.3 耐压测试应采用交流耐压测试仪进行。试验电压值和试验时间按产品规范执行，无特殊规定时，施加电压为交流1000 V（有效值），持续60 s，试验期间不应出现击穿或闪络现象。

5.4.3.4 进行耐压测试时，应测试设备具备过流保护功能，并采取相应安全防护措施。

5.5 机械性能试验

5.5.1 剥离强度试验

5.5.1.1 剥离强度试验应按GB/T 4677或GB/T 4722规定的铜箔剥离强度试验方法进行。

5.5.1.2 试样宽度为10 mm，长度不小于100 mm。将试样固定于剥离试验机上，以50 mm/min的剥离速度垂直剥离铜箔，记录剥离过程中的最大力值。

5.5.1.3 每个试样的剥离强度按下式计算：

式中：

F_{max} —— 最大剥离力，单位为牛顿(N)；

b —— 试样宽度，单位为毫米(mm)。

5.5.1.4 剥离强度应至少测量3个试样，取其算术平均值作为试验结果，结果应符合本文件4.4.1的规定。

5.5.2 翘曲度测量

5.5.2.1 翘曲度应采用精度不低于0.01 mm的塞尺或专用翘曲度测量仪进行测量。

5.5.2.2 将试样放置在经校验的平整平台或大理石平台上，使试样自然平放，不施加任何外力。用塞尺测量试样与平台之间的最大间隙。

5.5.2.3 翘曲度按试样长度归一化计算，结果以百分比表示。每个试样应在长度方向和宽度方向各测量一次，取最大值作为翘曲度测量结果，结果应符合本文件4.4.2的规定。

5.5.3 可焊性试验

5.5.3.1 可焊性试验应按GB/T 4677规定的润湿平衡法或焊球法进行。

5.5.3.2 采用润湿平衡法时，试验用焊料应符合产品规范的规定，宜使用Sn-3.0 Ag-0.5 Cu无铅焊料，焊料温度为 $245^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。试样浸入焊料的深度为2 mm~5 mm，浸入速度为25 mm/s，浸渍时间5 s。

5.5.3.3 试验结束后，应通过目视检查或润湿平衡曲线判断可焊性。受试区域应被焊料均匀润湿，无露铜、不润湿或半润湿现象，结果应符合本文件4.4.3的规定。

5.5.4 热冲击试验

5.5.4.1 热冲击试验应按GB/T 2423.22规定的试验Na方法进行。

5.5.4.2 试验条件如下：

- 低温温度： $-40^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；
- 高温温度： $125^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；
- 温度转换时间：不大于3 min；
- 暴露持续时间：各30 min；
- 循环次数：100次。

5.5.4.3 试验后，试样不应出现基材分层、起泡、铜箔剥离、阻焊层开裂等缺陷，绕组电阻变化率应不超过 $\pm 5\%$ ，绝缘电阻应符合本文件4.3.3的规定。

5.6 环境适应性试验

5.6.1 温度循环试验

5.6.1.1 温度循环试验应按GB/T 2423.22规定的试验Nb方法进行。

5.6.1.2 试验条件如下：

- 下限温度： $-40^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；
- 上限温度： $125^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ ；
- 转换时间：不大于3 min；
- 暴露时间：各30 min；
- 循环次数：100次。

5.6.1.3 试验后，试样应无机械损伤，绕组直流电阻变化率应不超过 $\pm 5\%$ ，绝缘电阻应符合本文件4.3.3的规定。

5.6.2 湿热试验

5.6.2.1 湿热试验应按GB/T 2423.3规定的试验Cab方法进行。

5.6.2.2 试验条件为温度 $40^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $93\%\pm 3\%$ ，试验持续时间96 h。

5.6.2.3 试验后，试样应在标准大气条件下恢复2 h，然后进行外观检查和电气性能测试。试样表面不应有起泡、分层、腐蚀等缺陷，绝缘电阻应符合本文件4.3.3的规定，绕组直流电阻变化率应不超过 $\pm 5\%$ 。

5.6.3 盐雾试验

5.6.3.1 盐雾试验应按GB/T 2423.17规定的试验Ka方法进行。

5.6.3.2 试验条件为盐溶液质量分数 $5\%\pm 1\%$ ，盐雾沉降量 $1\text{ mL}/(80\text{ cm}^2\cdot\text{h})\sim 2\text{ mL}/(80\text{ cm}^2\cdot\text{h})$ ，试验箱温度 $35^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，试验持续时间48 h。

5.6.3.3 试验后，试样应用清水冲洗去除表面盐沉积物，然后在标准大气条件下干燥1 h。试样金属表面不应出现基体金属腐蚀、起皮、起泡等缺陷，绝缘电阻应符合本文件4.3.3的规定。

6 检验规则

6.1 检验分类

6.1.1 型式检验

- 6.1.1.1 产品在下列情况之一时，应进行型式检验：
- 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
 - 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
 - 正常生产时，每两年应至少进行一次；
 - 产品长期停产后，恢复生产时；
 - 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
 - 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

6.1.1.2 型式检验的项目应为第4章规定的全部技术要求项目。

6.1.2 出厂检验

每批产品在交货前应进行出厂检验。出厂检验的项目由产品规范规定，通常应包括外观、尺寸、绕组图形、直流电阻、绝缘电阻和耐压等项目。出厂检验应在型式检验合格的有效期内进行。

6.2 检验项目与抽样

6.2.1 检验项目

检验项目应按表1的规定执行。型式检验应对表1中全部项目进行检验；出厂检验项目由产品规范规定，且至少应包括表1中标注“出厂检验”的项目。

表 1 检验项目

序号	检验项目	技术要求条款	试验方法条款	检验类别
1	材料要求	4.1	5.2	型式检验
2	结构与尺寸	4.2	5.3	型式检验、出厂检验
3	直流电阻	4.3.1	5.4.1	型式检验、出厂检验
4	电感量	4.3.2	5.4.2	型式检验
5	绝缘电阻	4.3.3	5.4.3	型式检验、出厂检验
6	耐压	4.3.3	5.4.3	型式检验、出厂检验
7	剥离强度	4.4.1	5.5.1	型式检验
8	翘曲度	4.4.2	5.5.2	型式检验、出厂检验
9	可焊性	4.4.3	5.5.3	型式检验
10	热冲击	4.4.4	5.5.4	型式检验
11	环境适应性	4.5	5.6	型式检验

6.2.2 抽样方案

6.2.2.1 出厂检验的抽样方案应按GB/T 2828.1的规定执行，采用一般检验水平II，接收质量限（AQL）应由产品规范规定，宜取AQL=0.65（主要性能项目）和AQL=1.5（外观和尺寸项目）。

6.2.2.2 型式检验应从出厂检验合格的交检批中随机抽取样本。样本数量可由产品规范规定，在无明显规定时，样本数量应不少于3件。

6.3 判定规则

6.3.1 合格判定

检验项目全部符合第4章要求时，判定该批产品合格。出厂检验的批合格判定应按GB/T 2828.1的规定执行，当样本中的不合格品数小于或等于接收数Ac时，判定该批合格；否则判定该批不合格。

6.3.2 不合格处理

6.3.2.1 经判定不合格的批，应退回供货方进行返工或分选处理。返工后的产品应重新提交检验，并按加严检验方案进行复检。复检仍不合格的批，应予以报废或作让步接收处理，而让步接收应经需方同意，并注明让步接收的原因和范围。

6.3.2.2 型式检验不合格时，产品不应大批量投产或继续生产，应查明原因，采取纠正措施后重新进行型式检验，直至合格。

7 标志、包装、运输与贮存

7.1 标志

7.1.1 产品标志

每只PCB绕组产品或其包装单元上应有清晰耐久的产品标志。标志内容宜包括：产品名称、产品型号与规格、制造商名称或注册商标、生产批号和出厂日期。标志可采用印刷、激光标记或粘贴标签等方式制作，不应因正常搬运和贮存而脱落或模糊不清。有追溯要求时，可增加二维码或条码。

7.1.2 包装标志

包装箱外壁应标注产品名称、型号规格、数量、装箱单号、毛重及制造商信息，并标明“易碎”“怕雨”“禁止翻滚”等必要的储运图示标志。包装标志应字迹清晰、内容完整，其位置和方式应在运输和贮存过程中易于识别。外包装箱上宜注明产品的生产批号。

7.2 包装

7.2.1 包装要求

PCB绕组应采用防静电屏蔽袋或真空包装袋进行密封包装，袋内宜放置干燥剂和湿度指示卡。产品应平放于专用隔板或托盘中，不应叠压或相互摩擦。外包装箱应采用具有足够强度的瓦楞纸箱或木箱，箱内空隙应用缓冲材料填实，防止产品在搬运过程中发生窜动和碰撞。

7.2.2 防护要求

包装前应将产品清洗干净并充分干燥，绕组表面应无残留助焊剂、指纹及污染物。对长期贮存或运输环境恶劣的产品，可进行充氮密封包装。包装操作应在温度不高于30℃、相对湿度不大于65%的环境中进行。包装材料应满足防静电要求，不应使用会产生静电或含硫、氯等腐蚀性成分的材料。

7.3 运输

运输时，应将包装好的PCB绕组产品装入清洁、干燥且有篷盖的运输工具内，并采取可靠的固定措施。运输途中应避免雨淋、暴晒、挤压和剧烈振动，不应与酸、碱、盐等腐蚀性物质以及易燃易爆物品混装运输。装卸过程中应轻拿轻放，严禁抛掷、翻滚和踩踏。环境温度低于-20℃或高于60℃时，应采取相应的保温或降温措施。

7.4 贮存

产品应贮存于通风、干燥、无腐蚀性气体和有害介质的库房内，贮存温度宜为-10℃~40℃，相对湿度不宜大于75%。堆码高度不应超过包装箱允许的层数，底层应有防潮垫板，距地面高度不宜小于100mm，距墙壁距离不宜小于300mm。产品贮存期限自包装之日起一般不超过6个月，超过期限应重新检验或重新包装。贮存期超过6个月的产品在出货前应重新进行外观和电气性能检验，确认合格后方可交付。