

# T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX-2026

## RFFE 射频前端无源器件模组组装方法

Assembly method of passive components module for RF front-end in RFFE

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 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 组装环境要求 ..... 1

5 组装前准备 ..... 2

6 组装工艺 ..... 3

7 质量检测 ..... 7

8 异常处理 ..... 8

9 成品入库 ..... 9

## 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。

本文件由苏州知码芯信息科技有限公司提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# RFFE 射频前端无源器件模组组装方法

## 1 范围

本文件规定了 RFFE 射频前端无源器件模组的组装环境要求、组装前准备、组装工艺、质量检测、异常处理及成品入库。

本文件适用于搭载 5G 通信功能的终端设备所用 RFFE 射频前端无源器件模组的组装生产,包括智能手机、平板电脑、物联网终端等相关产品的生产企业,可作为模组组装工艺设计、质量控制及产业化应用的技术依据。

## 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 26572 电子电气产品中限用物质的限量要求

SJ/T 11613 电子元器件详细规范 CA45 型表面安装 MN02 固体电解质钽固定电容器 评定水平 EZ

GB/T 11313.43 射频连接器 第 43 部分: RBMA 系列盲配射频同轴连接器分规范

GB/T 45660 电子装联技术 电子模块

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**RFFE 射频前端无源器件模组** RFFE radio frequency front-end passive device module

依托模组化集成无源元件技术,集成多个无源器件,实现 5G 全频段射频信号处理,适配 5G 终端设备的核心组件。

### 3.2

**引线键合** wire bonding

通过金属引线将元器件与基板或芯片实现电气连接的工艺方法,保障信号传输的可靠性。

### 3.3

**回流焊** reflow soldering

通过加热使焊膏熔化并润湿焊点,实现元器件与基板固定连接的焊接工艺。

## 4 组装环境要求

### 4.1 洁净度

组装环境应达到 Class 1 000 洁净室等级,空气中粒径  $\geq 0.5 \mu\text{m}$  的悬浮粒子浓度  $\leq 352\ 000$  粒/ $\text{m}^3$ ,无粉尘、油污等污染物。

## 4.2 温湿度控制

环境温度应稳定在  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度保持在  $45\% \pm 5\%$ ，维持恒温恒湿状态。

## 4.3 防静电要求

- 4.3.1 组装区域应设置防静电接地系统，接地电阻  $\leq 10\ \Omega$ ，形成全区域防静电防护网络。
- 4.3.2 操作人员应穿戴防静电服、防静电手套、防静电鞋，并佩戴经校准的防静电手环。
- 4.3.3 生产设备、工具及工作台面应具备防静电性能。
- 4.3.4 元器件存储、转运容器采用防静电材质，避免运输过程中产生静电损伤。

## 4.4 化学品安全管理

- 4.4.1 锡膏、密封胶等组装用化学品应符合 GB/T 26572 的规定，无有害挥发物释放。
- 4.4.2 化学品存储于专用密封容器，放置在通风良好、远离火源及氧化剂的区域，配备防火、防泄漏防护设施。
- 4.4.3 操作人员应严格按照化学品使用说明书规范操作，配备相应的防护用品。

## 5 组装前准备

### 5.1 元器件准备

- 5.1.1 按照 SJ/T 11613 及产品技术文件要求筛选元器件，型号、规格应与设计一致，外观无划痕、破损、变形等缺陷。
- 5.1.2 元器件入库前应经防静电、防潮处理，存储环境温度控制在  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $\leq 60\%$ ，采用密封包装并放置干燥剂。
- 5.1.3 组装前对元器件进行引脚清洁，去除氧化层及污染物。

### 5.2 设备与工具准备

- 5.2.1 核心设备应包括锡膏印刷机、高精度贴片机、回流焊机、引线键合机、密封设备等，所有设备应经专业校准并在有效期内使用，设备运行应符合 GB/T 45660 中关于设备精度及运行稳定性的相关要求。
- 5.2.2 检测工具应配备光学检测仪、高精度视觉检测仪、X 射线检测仪、微拉力测试仪、超声检测仪器等，定期维护保养，确保检测精度。
- 5.2.3 辅助工具如防静电镊子、刮刀等应定期检查，不宜因工具磨损影响操作质量。

### 5.3 工艺文件准备

- 5.3.1 应制定组装工艺卡，明确各工序工艺参数（如锡膏印刷厚度、回流焊温度曲线等）、操作步骤及质量控制点。
- 5.3.2 备齐产品设计图纸、检测标准等文件，确保操作人员可随时查阅参考。
- 5.3.3 编制防静电操作手册、化学品安全使用指南等专项文件，规范特殊操作流程。

### 5.4 人员准备

- 5.4.1 操作人员应具备电子装联专业资质，经岗前培训（涵盖工艺要求、设备操作、防静电知识、安全规范等）并考核合格后方可上岗。
- 5.4.2 定期开展技能提升培训，及时更新专利技术、新标准等相关知识，确保操作规范性。

5.4.3 设立质量监督员岗位，负责全程监督组装过程，及时发现并纠正违规操作。

## 6 组装工艺

### 6.1 组装流程

按图 1 的规定进行。

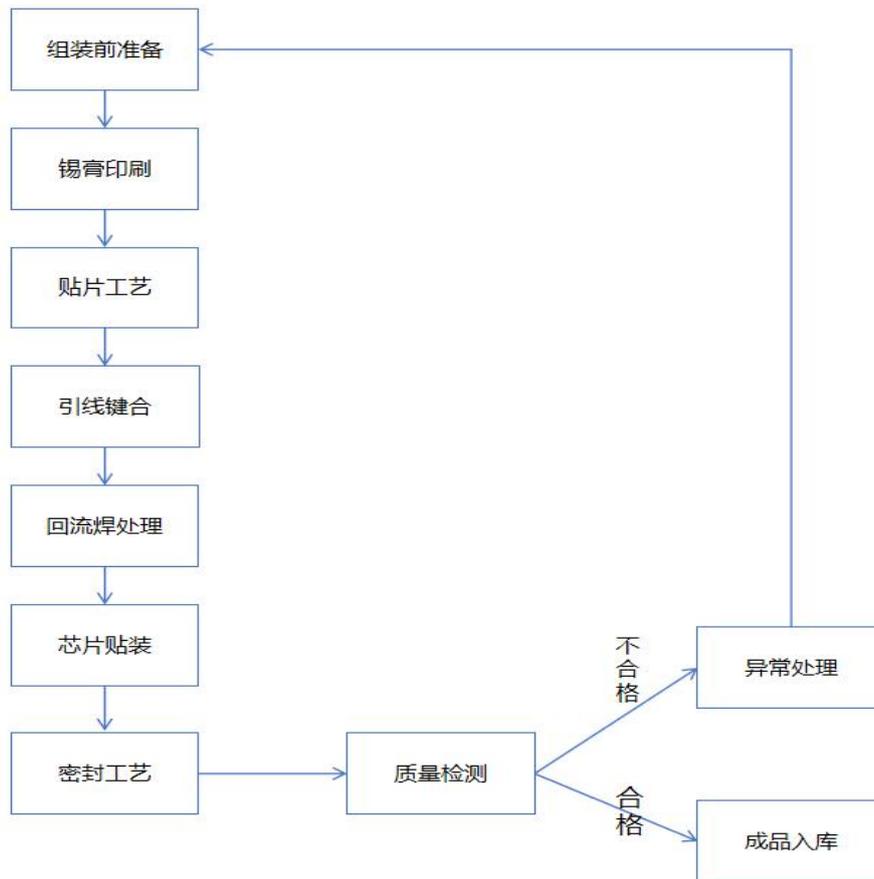


图 1 组装流程

### 6.2 锡膏印刷

#### 6.2.1 前置准备

按以下要求进行：

- 钢网选型与检查：**应选用厚度 0.12 mm ~ 0.15 mm 的不锈钢钢网，开孔尺寸与元器件焊盘设计一致，开孔壁光滑无毛刺、堵孔现象；组装前应用无尘布蘸取无水乙醇清洁钢网两面，确保开孔无残留杂质。
- 锡膏选用与预处理：**应采用无铅高温锡膏；锡膏从冰箱取出后，在室温下回温 2 h ~ 4 h，禁止直接开封；回温后用搅拌器顺时针搅拌 3 min ~ 5 min，搅拌速度 300 r/min，锡膏应均匀无颗粒、气泡。
- 基板定位：**将 PCB 基板固定在印刷机工作台上，通过真空吸附或机械夹具定位，定位精度  $\leq \pm 0.01$  mm，基板应与钢网对齐无偏移。

## 6.2.2 核心参数设定

应按以下要求进行：

- a) 印刷厚度：0.1 mm ~ 0.15 mm，根据元器件引脚间距调整，引脚间距  $\leq 0.5$  mm 时印刷厚度取 0.1 mm ~ 0.12 mm，引脚间距  $> 0.5$  mm 时取 0.13 mm ~ 0.15 mm。
- b) 印刷速度：20 mm/s ~ 50 mm/s，钢网与基板接触压力 5 N ~ 10 N，脱模速度 10 mm/s~30 mm/s，脱模距离 0.5 mm ~ 1 mm。
- c) 刮刀参数：刮刀材质为聚氨酯，硬度  $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，刮刀角度  $45^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，锡膏应充分填充钢网开孔。

## 6.2.3 操作规范

6.2.3.1 印刷过程中应实时观察锡膏形态，若出现拉丝、团聚现象，立即停止印刷，重新搅拌锡膏或更换新锡膏。

6.2.3.2 每印刷 50 片基板，清洁钢网一次，应采用“干擦-湿擦-干擦”流程（无尘布+无水乙醇），去除开孔内残留锡膏。

6.2.3.3 印刷后的基板应在 1 h 内进入贴片工序。

## 6.3 贴片工艺

### 6.3.1 前置准备

应按以下要求进行：

- a) 元器件编带检查：应确认元器件编带包装完好，无破损、受潮，元器件在编带内排列整齐，无移位、翻转现象；核对元器件型号、规格与 BOM 表一致，批号清晰可追溯。
- b) 贴片机校准：开机后对贴片机的吸嘴、视觉系统进行校准，吸嘴真空度应  $\geq -80$  kPa，视觉定位精度  $\leq \pm 0.005$  mm；根据元器件类型更换对应吸嘴。
- c) 基板预处理：应检查印刷后的基板表面，无多余锡膏、污渍，若有缺陷应清理后再进入贴片工序。

### 6.3.2 核心参数设定

6.3.2.1 尺寸元器件偏移量  $\leq \pm 0.03$  mm，旋转角度偏差  $\leq \pm 1^{\circ}$ 。

6.3.2.2 吸嘴压力应根据元器件重量调整。

6.3.2.3 按照“小元件→大元件、高精度元件→普通元件、热敏元件→非热敏元件”的顺序贴装，避免后续操作干扰已贴装元器件。

### 6.3.3 操作规范

6.3.3.1 贴装过程中，贴片机实时反馈元器件拾取状态，若出现拾取失败（真空不足、元器件偏移），应立即停机检查吸嘴、编带或元器件质量。

6.3.3.2 每贴装 100 片基板，人工抽查 5 片，通过高精度视觉检测仪确认贴装精度，发现偏移超差及时调整贴片机参数。

6.3.3.3 热敏元器件（如钽电容）贴装时，避免吸嘴温度过高，宜开启贴片机冷却功能。

## 6.4 回流焊处理

### 6.4.1 前置准备

按以下要求进行：

- a) 回流焊炉校准：开机后预热回流焊炉至设定温度，用温度测试仪（K 型热电偶）校准炉内各温区实际温度，温差应  $\leq \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；检查传送带运行平稳，速度偏差  $\leq \pm 0.1\text{ m/min}$ 。
- b) 基板承载：应采用防静电回流焊载具，载具表面无毛刺、污渍，基板放置在载具内固定牢固；
- c) 参数设置：根据锡膏特性设定温度曲线，分为预热区、恒温区、回流区、冷却区四个阶段，具体参数如下表 1。

表 1 参数设置

温区	温度范围	时间	升温速率
预热区	室温 $\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	60 s $\sim 90\text{ s}$	$\leq 3^{\circ}\text{C/s}$
恒温区	150 $^{\circ}\text{C} \sim 180\text{ }^{\circ}\text{C}$	60 s $\sim 120\text{ s}$	$\leq 1^{\circ}\text{C/s}$
回流区	180 $^{\circ}\text{C} \sim 240\text{ }^{\circ}\text{C}$	30 s $\sim 60\text{ s}$	$\leq 2^{\circ}\text{C/s}$
冷却区	240 $^{\circ}\text{C} \sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$	30 s $\sim 60\text{ s}$	$\leq 4^{\circ}\text{C/s}$

## 6.4.2 操作规范

6.4.2.1 基板应匀速送入回流焊炉，传输速度 30 cm/min  $\sim$  50 cm/min。

6.4.2.2 回流焊过程中实时监控温度曲线，每小时记录一次实际温度数据，若出现峰值温度偏差超  $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，立即停机调整。

6.4.2.3 冷却区采用强制风冷，确保基板出炉温度  $\leq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，禁止用手直接触摸高温基板。

## 6.5 芯片贴装工艺

### 6.5.1 前置准备

应符合下列要求：

- a) 芯片检查：应核对芯片型号、规格与设计要求一致，芯片表面应无划痕、破损、污染，引脚无氧化、变形；通过显微镜观察芯片焊盘，应无残留杂质。
- b) 导电胶/焊料准备：若采用导电胶贴装，应选用热固化型导电胶，导电粒子粒径 1  $\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ ，粘度 10 000 mPa·s  $\sim$  30 000 mPa·s，在室温下密封存储。
- c) 若采用焊接贴装，应选用低熔点焊锡膏，搅拌均匀后备用。
- d) 贴装设备校准：芯片贴装机的视觉定位系统校准精度  $\leq \pm 0.003\text{ mm}$ ，吸嘴真空度  $\geq -90\text{ kPa}$ ，芯片拾取应稳定。

### 6.5.2 核心参数设定

按以下要求进行：

- a) 贴装精度：芯片应与基板焊盘对齐偏差  $\leq \pm 0.02\text{ mm}$ ，旋转角度偏差  $\leq \pm 0.5^{\circ}$ ，芯片与基板贴合间隙  $\leq 0.01\text{ mm}$ ；
- b) 贴装压力：应根据芯片尺寸调整， $\leq 5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  芯片压力 0.2 N  $\sim$  0.5 N， $> 5\text{ mm} \times 5\text{ mm}$  芯片压力 0.5 N  $\sim$  1.0 N；
- c) 固化/焊接参数：
- 1) 导电胶固化：温度 120  $^{\circ}\text{C} \sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，时间为 30 min  $\sim$  60 min，升温速率  $\leq 2\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ ；
  - 2) 焊料焊接：应采用热风枪或小型回流炉，温度 150  $^{\circ}\text{C} \sim 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，保温时间 10 s  $\sim$  20 s。

### 6.5.3 操作规范

按以下要求进行：

- a) 导电胶/焊料涂覆：应采用点胶机精准涂覆，导电胶点径 0.1 mm ~ 0.3 mm，点间距 0.5 mm ~ 1 mm，涂覆量均匀，无溢胶、缺胶；焊锡膏涂覆厚度 0.05 mm ~ 0.1 mm，覆盖焊盘面积应  $\geq 90\%$ ；
- b) 芯片拾取与贴装：吸嘴应平稳拾取芯片，芯片不宜倾斜、翻转；贴装时缓慢下降，芯片焊盘与基板焊盘精准对齐，无偏移后释放真空；
- c) 固化/焊接过程：应严格遵循温度曲线，避免温度过高或时间过长导致芯片性能衰减；固化/焊接后自然冷却至室温，不宜强制降温。

## 6.6 引线键合工艺

### 6.6.1 前置准备

应符合下列要求：

- a) 引线选择：应选用金引线或铝引线，线径 0.02 mm ~ 0.05 mm，引线表面应光滑无氧化、划痕，抗拉强度  $\geq 500$  MPa；根据键合要求选择引线类型；
- b) 键合机校准：校准键合机的超声功率、压力、温度参数，键合头定位精度  $\leq \pm 0.005$  mm；应检查键合劈刀，刃口无磨损、变形，孔径与引线直径匹配；
- c) 基板与芯片预处理：清洁基板键合区和芯片焊盘，去除氧化层。

### 6.6.2 核心参数设定

应符合以下要求：

- a) 键合温度：金引线键合温度 150 °C ~ 200 °C，铝引线键合温度 200 °C ~ 250 °C，基板温度均匀性  $\leq \pm 5$  °C；
- b) 超声参数：超声功率 50 mW ~ 200 mW，超声时间 10 ms ~ 50 ms，应根据引线材质和键合点大小调整；
- c) 压力参数：第一键合点（芯片端）压力 0.1 N ~ 0.3 N，第二键合点（基板端）压力 0.2 N ~ 0.4 N，确保引线与焊盘充分结合；
- d) 键合轨迹：引线弧度控制在 0.1 mm ~ 0.3 mm，避免过度弯曲或拉伸，两键合点间距应根据设计要求调整，偏差  $\leq \pm 0.02$  mm。

### 6.6.3 操作规范

6.6.3.1 键合前通过视觉系统定位芯片焊盘和基板键合区，确保定位精准；首件键合完成后，应经确认合格后批量生产。

6.6.3.2 键合过程中实时监控引线状态，若出现引线断裂、虚焊，立即检查劈刀、超声参数或引线质量，调整后重新试键合。

6.6.3.3 每键合 100 个点，清洁劈刀一次，去除刃口残留杂质，避免影响键合质量。

6.6.3.4 键合后的产品应轻拿轻放，避免碰撞、拉扯引线，禁止直接触摸键合区域。

## 6.7 密封工艺

### 6.7.1 前置准备

按以下要求进行：

- a) 密封胶选择：应选用耐高温、耐湿热、低挥发的硅酮类或环氧类密封胶，避免阳光直射；

- b) 密封设备校准：点胶机校准精度应  $\leq \pm 0.01 \text{ mm}$ ，出胶量误差  $\leq \pm 5\%$ ，密封胶涂应覆均匀；
- c) 产品预处理：清洁模组表面，应去除油污、灰尘、多余焊料等杂质，干燥处理。

### 6.7.2 核心参数设定

按以下要求进行：

- a) 密封层参数：密封层厚度  $0.22 \text{ mm} \sim 0.25 \text{ mm}$ ，均匀覆盖密封区域，无明显厚薄不均；密封宽度超出模组边缘  $0.5 \text{ mm} \sim 1 \text{ mm}$ ；
- b) 点胶参数：点胶速度  $10 \text{ mm/s} \sim 30 \text{ mm/s}$ ，出胶压力  $0.1 \text{ MPa} \sim 0.3 \text{ MPa}$ ，点胶间距  $0.2 \text{ mm} \sim 0.5 \text{ mm}$ ，根据密封路径调整；
- c) 固化参数：室温固化  $24 \text{ h}$ ，或加热固化  $2 \text{ h}$ ，固化后密封胶应无收缩、开裂，硬度达标。

### 6.7.3 操作规范

- 6.7.3.1 按照“顺时针或逆时针”连续涂覆，避免中途停顿导致密封胶断胶；对于边角、缝隙等关键区域，应适当增加出胶量，完全覆盖。
- 6.7.3.2 涂覆过程中观察密封胶形态，若出现拉丝、团聚，立即停止点胶，应检查密封胶粘度或更换新密封胶。
- 6.7.3.3 固化过程中，产品放置在洁净、水平的工作台上，避免碰撞、震动，禁止触摸密封层，密封层不宜变形。

## 7 质量检测

### 7.1 外观与结构检测

检测项目及要求包括但不限于：

- a) 模组整体外观：表面无划痕、变形、破损，无明显污渍及多余焊料残留，密封处无开裂、溢胶；
- b) 元器件安装：贴装位置准确，无偏移、虚焊、错装，引线键合牢固，无脱落、断裂；
- c) 结构尺寸：关键尺寸偏差  $\leq \pm 0.05 \text{ mm}$ ，实测偏差控制在  $\pm 0.03 \text{ mm}$ ；
- d) 检测方法：采用视觉检测、超声检测及高精度测量仪器，实现  $100\%$  全检。

### 7.2 电气性能检测

检测项目及要求包括但不限于：

- a) 工作频段覆盖：涵盖 Sub-6GHz 主流频段，带宽应满足  $3.5\text{GHz}$  及  $2.6\text{GHz}$  需求；
- b) 信号传输损耗：工作频段内  $\leq 0.5\text{dB}$ ， $3.5\text{GHz}$  频段实测平均值  $0.3\text{dB}$ ， $2.6\text{GHz}$  频段  $0.28\text{dB}$ ；
- c) 隔离度： $\geq 40\text{dB}$ ，全频段实测  $42 \text{ dB} \sim 45\text{dB}$ ；
- d) 驻波比： $\leq 1.5$ ，典型值  $1.3$ ；
- e) 插入相位一致性：相位偏差应  $\leq \pm 5^\circ$ ，实测  $\leq \pm 3^\circ$ ；
- f) 检测设备与方法：应使用矢量网络分析仪、射频隔离度测试仪、驻波比测试仪等专业设备，抽样比例不低于  $30\%$ ，抽样样本全部合格方可判定该批次合格。

### 7.3 环境适应性检测

检测项目及要求包括但不限于：

- a) 高低温循环测试：高温  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $4 \text{ h}$ )  $\rightarrow$  常温  $2\text{h}$   $\rightarrow$  低温  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $4\text{h}$ )，循环  $5$  次（累计  $48 \text{ h}$ ），电气性能无衰减，外观应无变形、开裂；

- b) 湿热老化测试：40℃、85% RH 环境下放置 72 h，无受潮、腐蚀，信号传输正常；
- c) 防静电测试：接触放电 ± 8 kV、空气放电 ± 15 kV，每个样本放电 10 次，无性能异常、损坏；
- d) 盐雾测试：5% NaCl 溶液、35℃环境下放置 48 h，金属触点无腐蚀，密封层无失效；
- e) 射频连接环境适应性：经上述环境测试后，射频连接器的连接可靠性、密封性能应仍符合 GB/T 11313.43 的要求；
- f) 检测方法：选取不少于 5 件样本，按照相关环境测试标准执行，全部达标方可通过。

#### 7.4 可靠性检测

检测项目及要求包括但不限于：

- a) 振动测试：频率 10 Hz ~ 2 000Hz、加速度 10g，三轴方向测试 2 h，结构无松动，焊点无脱落，电气性能稳定；
- b) 寿命测试：连续满负荷工作 1000h，性能衰减应 ≤ 1%，实测 0.8%；
- c) 插拔耐久性：射频接口插拔 500 次，接触电阻无明显增大，插拔力符合要求；
- d) 焊接可靠性：回流焊后无虚焊、连锡、脱落现象；
- e) 检测方法：选取不少于 3 件样本，按照可靠性测试标准执行，全部达标方可判定合格。

#### 7.5 安全与环保检测

检测项目及要求包括但不限于：

- a) 防静电性能：满足 Class 1000 洁净室、接地电阻 ≤ 10 Ω 要求，无静电损伤；
- b) 有害物质含量：铅、汞、镉等符合 RoHS 标准限值；
- c) 化学品安全：组装用化学品符合 GB/T 26572 的规定，无有害挥发。
- d) 检测方法：委托具备资质的第三方检测机构，依据相关标准检测，提供合格检测报告。

### 8 异常处理

#### 8.1 异常识别

在组装过程及质量检测中，发现外观缺陷、尺寸偏差、电气性能不达标、环境适应性或可靠性不符合要求等情况，均判定为异常产品，立即标识隔离。

#### 8.2 原因分析

组织技术人员、质量监督员及操作人员成立专项小组，通过查看工艺记录、设备参数、检测数据等，明确异常产生的环节（如锡膏印刷、回流焊等）及根本原因（如设备参数偏差、元器件质量问题、操作不当等）。

#### 8.3 处理措施

##### 8.3.1 可修复异常

对外观缺陷、尺寸偏差等可修复问题，采取返工、重新组装、更换元器件等措施，修复后应进行全项目复检，合格后方可进入下一环节。

##### 8.3.2 不可修复异常

对无法修复或修复后仍不达标产品，予以报废处理，做好报废记录，注明报废原因及批次。

### 8.3.3 预防改进

应根据异常原因，调整工艺参数、设备参数，加强人员培训或优化元器件采购标准，避免同类异常重复发生，形成异常处理及改进报告留存。

## 9 成品入库

### 9.1 入库条件

经质量检测所有项目均合格的产品，方可办理入库手续，入库前应核对产品批次、数量与检测报告一致；检测报告中应明确标注射频连接器性能符合 GB/T 11313.43、电子装联工艺符合 GB/T 45660 的相关证明。

### 9.2 标识要求

成品粘贴清晰标识，内容包括产品名称、批次号、生产日期、合格标志、生产厂家、检测报告编号等关键信息，确保可追溯。

### 9.3 存储要求

按以下要求进行：

- a) 存储环境：干燥、通风、洁净，温度 10 °C ~ 30 °C，相对湿度 ≤ 60%，远离火源、热源及腐蚀性物质；
- b) 摆放规范：产品采用专用包装箱，整齐摆放，避免挤压、碰撞，堆叠高度不超过规定限值；
- c) 台账管理：建立仓储台账，详细记录产品入库数量、批次、存储位置、入库日期等信息，实现全流程追溯。

### 9.4 出库管理

出库时核对产品标识与订单要求一致，做好出库记录，确保产品流向可追溯，同时检查产品外观及包装完整性。