

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

5G 高频通信用高性能 PTFE 材料技术要求

Technical requirements for high-performance PTFE materials in 5G high-frequency communication

(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	2
4.1 外观	2
4.2 介电性能	2
4.3 力学性能	2
4.4 耐热性能	3
4.5 制程耐热表现	3
4.6 耐环境性能	4
5 试验方法	5
5.1 外观	5
5.2 尺寸	5
5.3 介电性能试验	5
5.4 力学性能试验	6
5.5 耐热性能试验	6
5.6 绝缘性能试验	6
5.7 耐环境性能试验	6
6 检验规则	7
6.1 检验分类	7
6.2 抽样标准	7
6.3 检验项目及判定标准	7
6.4 检验结果判定规则	8
6.5 不合格品处置规则	8
6.6 复检与加严检验规则	8
6.7 检验资料管控	8
6.8 特殊管控说明	9
7 标志、包装、运输和贮存	9
7.1 标志	9
7.2 包装	9
7.3 贮存	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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

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：。

5G 高频通信用高性能 PTFE 材料技术要求

1 范围

本文件规定了5G高频通信用高性能聚四氟乙烯（PTFE）（以下简称“PTFE材料”）的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用5G高频通信用高性能PTFE材料。

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 1040.4 塑料 拉伸性能的测定 第4部分：各向同性和正交各向异性纤维增强复合材料的试验条件

GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验

GB/T 1410 固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法

GB/T 1634.2 塑料 负荷变形温度的测定 第2部分：塑料和硬橡胶

GB/T 2411 塑料和硬橡胶 使用硬度计测定压痕硬度（邵氏硬度）

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 2423.34 环境试验 第2部分：试验方法 试验Z/AD：温度/湿度组合循环试验

GB/T 9341 塑料 弯曲性能的测定

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 13464 物质热稳定性的热分析试验方法

GB/T 15662 导电、防静电塑料体积电阻率测试方法

GB/T 31838.6 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第6部分：介电特性（AC方法） 相对介电常数和介质损耗因数（频率0.1Hz~10MHz）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

聚四氟乙烯（PTFE） polytetrafluoroethylene

由四氟乙烯单体聚合而成的高分子聚合物，具有优异的耐高低温、耐化学腐蚀、低介电常数和低损耗特性。

3.2

介电常数 dielectric constant

表征电介质储存电能能力的参数，定义为电介质中电场强度与电位移矢量的比值。

3.3

介质损耗角正切 dielectric loss tangent

表征电介质在交变电场中能量损耗的参数，定义为损耗角的正切值。

4 技术要求

4.1 外观

- 4.1.1 颜色：标准为乳白色（树脂本色），无明显色差、发黄或杂色；特殊定制色需与样板一致。
- 4.1.2 表面质感：整体平整光滑、质地均匀，呈哑光蜡质感，无光泽不均；不允许存在裂纹、气泡、分层、针孔、刀痕、磕碰、毛刺等缺陷；允许轻微云斑状松紧纹理，但不可影响平整度与绝缘性能。
- 4.1.3 杂质与缺陷管控：每 $10 \times 10 \text{cm}^2$ 区域内：直径 $0.1 - 0.5 \text{mm}$ 非金属杂质 ≤ 1 个；直径 $0.5 \text{mm} \sim 2 \text{mm}$ 非金属杂质 ≤ 1 个；严禁金属杂质、黑点、油污、污渍。
- 4.1.4 边缘与端面：边缘平直、无崩边、无裂口；端面致密，无疏松、掉粉、层间分离。
- 4.1.5 检验条件：自然光或 40W 日光灯下目视+手感检查；必要时用 10 倍放大镜排查微小缺陷。

4.2 介电性能

4.2.1 核心介电参数（标准纯 PTFE@10GHz、常温）。

- a) 介电常数 D_k : $2.05 \sim 2.15$ （标准值 2.1），全频段波动 $\leq \pm 0.02$ ，极低偏移，信号延迟稳定。
- b) 介质损耗 D_f （损耗因子）： $0.0002 \sim 0.0004$ ，属于极低损耗介质，高频信号衰减小、无失真。
- c) 介电强度（击穿电压）： $10 \sim 18 \text{kV/mm}$ ，薄材最高可达 24kV/mm ，绝缘耐压性能优异。
- d) 体积电阻率： $10^{18} \sim 10^{20} \Omega \cdot \text{cm}$ ，绝缘性能极强，不易漏电、击穿。
- e) 表面电阻率： $\geq 10^{16} \Omega$ 。
- f) 耐电弧性： $\geq 165 \text{s}$ ，高压环境不易起弧、击穿。

4.2.2 改性 PTFE 板材介电参数（PCB 量产常用）。

- a) 纯 PTFE 机械强度低、易变形，工厂量产高频板多采用玻纤、陶瓷填充改性 PTFE，参数会小幅变化，属于正常公差范围。
- b) 玻纤填充 PTFE： D_k $2.15 \sim 2.25$ ， D_f $0.0004 \sim 0.0008$ 。
- c) 陶瓷填充 PTFE： D_k $2.2 \sim 2.5$ ， D_f $0.0003 \sim 0.0006$ ，尺寸稳定性更好，适合高精度阻抗板。

4.2.3 关键性能特征。

- a) 频率稳定性：在 $1 \text{GHz} \sim 100 \text{GHz}$ 超宽高频频段内， D_k/D_f 几乎无漂移，不会随频率升高出现损耗激增，完美适配 5G/6G 射频、雷达、毫米波、高速 SerDes 板材，区别于 FR-4 高频参数大幅波动的缺陷。
- b) 温湿度稳定性：工作温度区间 $-200^\circ\text{C} \sim +260^\circ\text{C}$ ，全温域介电参数波动 $\leq \pm 5\%$ ；且板材吸水率 $< 0.01\%$ ，几乎不吸水，潮湿环境下不会出现阻抗漂移、介电参数失效，适合户外、车载、工业严苛场景。
- c) 工艺稳定性：PTFE 树脂结构稳定，压合、回流焊、等离子处理等 PCB 制程中，不会因高温工艺导致 D_k/D_f 偏移、介质老化，批量一致性极高。

4.3 力学性能

4.3.1 基础力学参数。

- a) 密度： $2.14 \sim 2.20 \text{ g/cm}^3$ 。
- b) 拉伸强度： $20 \sim 30 \text{ MPa}$ 。
- c) 断裂伸长率： $200\% \sim 400\%$ （韧性极高、不易脆裂）。
- d) 弯曲强度： $14 \sim 18 \text{ MPa}$ 。
- e) 弯曲模量： $350 \sim 400 \text{ MPa}$ （整体偏软）。
- f) 冲击强度：无断裂（极佳抗冲击）。
- g) 硬度（邵氏 D）： $50 \sim 55 \text{D}$ （质地偏软，远软于 FR-4）。
- h) 摩擦系数： 0.04 （极低，表面极滑）。

4.3.2 纯 PTFE 存在偏软、易变形、尺寸稳定性差的缺陷，无法满足 PCB 量产加工需求，工厂量产板材均为填充改性 PTFE，力学性能大幅提升。

- a) 玻纤填充 PTFE：
 - 1) 拉伸强度： $35 \sim 45 \text{ MPa}$ ；
 - 2) 弯曲模量： $800 \sim 1200 \text{ MPa}$ ；

- 3) 优势：提升刚性、降低板材拉伸形变，性价比高。
- b) 陶瓷填充 PTFE：
- 1) 拉伸强度：40~50 MPa；
 - 2) 弯曲模量：1000~1500 MPa；
 - 3) 优势：尺寸稳定性最优、热变形极小，适配高精度阻抗、毫米波板材。
- 4.3.3 热机械特性。
- a) 连续使用温度：-200℃~260℃。
 - b) 热变形温度：>250℃。
 - c) Z 轴热膨胀系数：纯 PTFE 极高（300ppm/℃ 以上），极易分层、板翘；改性填充后可降至 40~80ppm/℃。
 - d) 蠕变性：纯 PTFE 容易受压凹陷、冷流变形；陶瓷/玻纤填充可有效改善抗压蠕变性能。
- 4.3.4 PTFE 与 FR-4 力学性能对比见表 1。

表 1 PTFE 与 FR-4 力学性能对比

性能项目	纯 PTFE	改性 PTFE	普通 FR-4
板材硬度	软	中等	硬
韧性	极高	高	一般
抗形变能力	差、易压伤	良好	优秀
脆性	无脆性	轻微	易脆、崩边
热膨胀	大	中等	小

4.4 耐热性能

4.4.1 基础耐热参数。

- a) 熔点：327℃（PTFE 树脂晶体熔融温度）。
- b) 长期连续工作温度：-200℃~260℃。
- c) 短时耐受温度：300℃（短间接接触，无分解、无碳化）。
- d) 热分解温度：>400℃（温度超 400℃ 才会缓慢分解产生氟化物）。
- e) 阻燃等级：UL94 V-0（自带阻燃、不助燃、离火自熄）。

4.4.2 PTFE 板材耐热特性。

- a) 无 T_g 点（无玻璃化转变温度）：普通 FR-4 板材超过 T_g 会快速软化、力学失效；而 PTFE 不存在 T_g，在 -200℃~320℃ 区间不会出现树脂软化、结构突变，高温稳定性极强。
- b) 无 T_d 热分解失效风险：普通 FR-4 T_d 仅 320~340℃，容易爆板分层；PTFE 分解温度极高，标准无铅回流 260℃ 制程完全无压力，可承受多次回流、返修焊接。
- c) 热膨胀特性：纯 PTFE Z 轴热膨胀系数极大，高温下容易膨胀拉伸，虽然不会分层爆板，但容易产生板翘、尺寸偏移、层偏。
- d) 改性（玻纤/陶瓷填充）PTFE：热膨胀大幅优化，耐高温平整度更好，为 PCB 量产主流材质。

4.5 制程耐热表现

- 4.5.1 回流焊（260℃）：完全耐受，不起泡、不分层、不软化、介电参数无漂移。
- 4.5.2 压合高温（180~220℃）：耐热充足，但需管控压合压力，防止板材变形、流胶、尺寸拉伸。
- 4.5.3 烘烤制程（120~150℃）：无任何性能衰减，长期烘烤稳定。

4.5.4 热冲击（-40℃~125℃）：耐温循性能优异，不易开裂、分层。

4.5.5 PTFE 与常规 FR-4 耐热对比见表 2。

表 2 PTFE 与常规 FR-4 耐热对比

项目	PTFE 板材	高 T _g FR-4(170℃)	普通 FR-4(130℃)
玻璃化温度 T _g	无	170℃	130℃
热分解温度 T _d	>400℃	≥340℃	≥310℃
长期耐温	260℃	125℃	105℃
260℃回流耐受性	优秀	良好	较差（易爆板）

4.6 耐环境性能

4.6.1 耐潮湿性能。

- 吸水率：≤0.01%（几乎不吸水）。
- 耐潮湿特性：长期高湿环境不会吸潮、不会极化、不会出现介质参数漂移。
- 电气稳定性：高湿环境下 D_k/D_f、绝缘电阻、阻抗值基本无变化。
- PCT 高压蒸煮：121℃、100%湿度、2atm 条件下，无分层、无起泡、无性能衰减。
- 对比 FR-4：普通 FR-4 吸水率 0.2%~0.5%，受潮极易导致阻抗偏移、绝缘下降、CAF 漏电，PTFE 完全不存在此类问题。

4.6.2 耐酸碱、耐化学腐蚀性能

- 常温下耐所有酸碱、溶剂、药水（包含硫酸、盐酸、氢氧化钠）。
- 耐 PCB 生产药水：微蚀液、蚀刻液、剥膜液、清洗溶剂、助焊剂等。
- 不溶于任何有机溶剂，不溶胀、不腐蚀、不老化。
- 仅高温熔融碱金属可轻微腐蚀 PTFE，常规 PCB 生产无接触风险。

4.6.3 耐老化、耐紫外线（UV）、耐候性。

- 抗紫外 UV 性能：极佳，长期户外暴晒不老化、不变黄、不开裂，适合户外基站、射频天线产品。
- 耐气候老化：耐高低温交变、耐潮湿盐雾，长期户外使用性能稳定
- 使用寿命：常温环境使用寿命可达 20 年以上，远优于 FR-4 板材。
- 抗臭氧：不受臭氧氧化影响，绝缘与介电性能不衰减。

4.6.4 耐盐雾性能：PTFE 基材本身完全耐盐雾、不氧化、不腐蚀。盐雾环境下不会出现基材漏电、基材腐蚀、离子迁移。

注：PTFE 板材失效点不在基材，而在铜箔与表面处理，基材本身不受盐雾影响。适合车载、航海、户外通信高盐雾场景。

4.6.5 抗 CAF（导电阳极丝）性能。

- PTFE 树脂无极性、不吸水、无游离离子，天生抗 CAF。
- 无离子迁移通道。
- 高湿高压、长期通电环境不会产生孔间 CAF 漏电、击穿。
- 抗 CAF 能力远优于普通 FR-4、高 T_g FR-4、无卤板材。

4.6.6 温循环耐环境性能。

- PTFE 具备极佳的耐高低温冲击能力：工作区间-200℃~260℃。
- 冷热冲击（-40℃~125℃）循环 1000 次：无分层、无裂纹、介电参数不变。
- 不会因低温脆化、不会因高温老化。

d) 适合军工、航天、车载、户外高频设备。

4.6.7 综合耐环境对比见表3。

表3 综合耐环境对比

环境项目	PTFE 板材	普通/高 Tg FR-4
吸水率	≤0.01% (极优)	0.2%~0.5% (一般)
耐酸碱药水	完全耐腐	部分药水易侵蚀基材
抗 CAF 漏电	极佳	一般, 易漏电
耐 UV/户外老化	优秀, 不发黄不开裂	较差, 长期户外易老化
盐雾耐受性	基材无腐蚀	基材易离子迁移

5 试验方法

5.1 外观

测试标准: IPC-TM-650 2.1.1。

试验条件: 常温自然光或40W标准日光灯, 视距50 - 100cm, 目视+手感检查, 关键缺陷使用10倍放大镜复检。

判定标准: 板面哑光均匀、无发黄、无油污、无针孔、气泡、裂纹、分层、金属杂质; 允许轻微均匀云纹、轻微车削纹理, 不得影响板面平整度及绝缘性能; 板材边缘平整、无崩边、掉粉、疏松。

5.2 尺寸

测试标准: IPC-TM-650 2.2.4、2.2.22。

试验工具: 千分尺、游标卡尺、平整度测试仪。

试验方法: 板材静置常温24h后取样, 板面四角及中心五点测厚度; 对角线测量长宽; 水平平台测试板翘板弯。

管控公差: 厚度公差遵循板材规格书; 板翘弯≤0.5%。

5.3 介电性能试验

5.3.1 Dk/Df (介电常数/损耗因子)

测试标准: IPC-TM-650 2.5.5.5。

测试条件: 常温常态, 测试频率10GHz。

试验方法: 采用谐振腔法测试, 试样无油污、无指纹、干燥无受潮, 每批次随机取样3片测试, 取平均值。

判定要求: 参数与板材规格书一致, 公差不超过±0.02; 阻抗板材必须100%达标, 严禁参数漂移。

5.3.2 介电强度/击穿电压

测试标准: IPC-TM-650 2.5.6。

试验方法: 常温常压, 匀速升压测试板材击穿电压, 记录击穿临界值。

合格标准: ≥10kV/mm, 无击穿、爬电、电弧现象。

5.3.3 体积/表面电阻率

测试标准: IPC-TM-650 2.5.17。

合格标准：体积电阻率 $\geq 10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ ，表面电阻率 $\geq 10^{16} \Omega$ 。

5.4 力学性能试验

5.4.1 拉伸强度、断裂伸长率

测试标准：GB/T 39714.2-2020、IPC-TM-650 2.4.18。

试验速度：50mm/min。

取样要求：标准哑铃试样，每组5片测试取均值。

5.4.2 弯曲强度、弯曲模量

测试标准：IPC-TM-650 2.4.21。

试验方法：三点抗弯测试，匀速加载，测试板材刚性与抗形变能力。

5.4.3 铜箔剥离强度

测试标准：IPC-TM-650 2.4.8。

试验速度：50mm/min，180°剥离。

特殊要求：PTFE板材测试前禁止手触板面，避免污染影响结合力；改性PTFE剥离强度 $\geq 0.9\text{N/mm}$ 。

5.5 耐热性能试验

5.5.1 热应力试验（288°C浸焊）

测试标准：IPC-TM-650 2.6.8。

试验方法：288°C锡炉浸焊10s，循环3次。

合格标准：无分层、不起泡、无发白、无爆板。

5.5.2 Td热分解测试

测试标准：IPC-TM-650 2.3.40。

试验方法：热重分析仪TGA测试，记录板材失重5%对应温度。

合格标准：Td $> 400^\circ\text{C}$ 。

5.5.3 回流焊模拟测试

试验条件：峰值温度260°C，模拟SMT回流5次。

判定：板材无分层、形变、介电参数无偏移。

5.6 绝缘性能试验

体积电阻率和表面电阻率测试：按照GB/T 1410制备试样，采用高阻计，施加500V直流电压，加压1min后读取数值。体积电阻率测试时，试样应放置在两个圆形电极之间；表面电阻率测试时，采用环形电极，结果符合本文件4.5的要求。

5.7 耐环境性能试验

5.7.1 吸水率测试

测试标准：IPC-TM-650 2.6.2.1。

试验方法：试样烘干称重后，常温浸水24h，再次称重计算吸水率。

合格标准： $\leq 0.01\%$ 。

5.7.2 PCT 高压蒸煮测试

测试标准：IPC-TM-650 2.6.16。

试验条件：121°C、2atm、100%RH，时长4h。

合格标准：不分层、不起泡、绝缘及介电性能无衰减。

5.7.3 冷热冲击测试

测试标准：IPC-TM-650 2.6.7。

试验条件：-40°C（15min）~125°C（15min），循环1000次。

合格标准：无裂纹、分层、板翘异常，电气性能正常。

5.7.4 耐化学腐蚀测试

试验方法：常温浸泡PCB常规蚀刻液、微蚀液、清洗剂、助焊剂，浸泡30min。

合格标准：基材无发白、溶胀、腐蚀、性能衰减。

5.7.5 盐雾测试

测试标准：IPC-TM-650 2.6.11。

试验条件：5%盐水、中性盐雾、24h连续喷雾。

合格标准：PTFE基材无腐蚀、无离子迁移、无漏电。

5.7.6 CAF 抗离子迁移测试

测试标准：IPC-TM-650 2.6.25。

试验条件：85°C、85%RH、偏压100V，持续500h。

合格标准：孔间绝缘电阻无下降，无CAF导电丝、无击穿漏电。

5.7.7 阻燃测试

测试标准：UL94。

试验方法：垂直燃烧测试。

合格标准：UL94 V-0级，离火自熄、无持续燃烧、无滴落引燃。

6 检验规则

6.1 检验分类

PTFE板材检验分为来料常规检验、新材料导入全项检验、物料替代验证检验、库存复检、异常复盘检验五类。

- 来料常规检验：每批次进料必检，覆盖外观、尺寸、关键电气、耐热基础项目。
- 物料替代检验：更换板材品牌、填料、规格、供应商时，执行全项可靠性验证，禁止免检替代。
- 库存复检：库存存放超过6个月、返库物料、标识模糊物料，上线前必须复检。
- 异常复盘检验：过往批次出现板翘、结合力不良、参数漂移等异常，后续批次加严全检。

6.2 抽样标准

采用行业通用PCB基材抽样标准，适配量产管控：

- 外观、尺寸：AQL 1.0 抽样水准。
- 物理、耐热、可靠性项目：每批次随机取样 ≥ 3 片。
- Dk/Df 介电参数：高频阻抗订单每批次必取样测试，禁止免检。
- 新料/替代料：无抽样，全项测试验证。

6.3 检验项目及判定标准

6.3.1 外观检验

执行标准：IPC-TM-650 2.1.1。

判定要求：板面呈均匀乳白色哑光蜡质质感，无发黄、色差、油污、指纹、水渍；板面无针孔、气泡、裂纹、分层、凹陷、压痕；无金属杂质、硬质颗粒；允许板面存在轻微均匀云纹、轻微车削纹理，不得影响平整度及绝缘性能；板材边缘平整、无崩边、掉粉、疏松、裂口。

6.3.2 尺寸检验

T/CWDPA XXXX—XXXX

执行标准：IPC-TM-650 2.2.4。

判定要求：厚度、长宽公差严格遵循板材规格书标准；板面平整度良好，板翘板弯 $\leq 0.5\%$ ；板材垂直度、边缘规整度达标，无变形扭曲。

6.3.3 介电性能检验（高频核心必检）

执行标准：IPC-TM-650 2.5.5.5、2.5.6。

判定要求：纯PTFE $D_k=2.1 \pm 0.02$ 、 $D_f \leq 0.0004$ ；改性PTFE参数符合对应规格书；介电强度 $\geq 10\text{kV/mm}$ ，无击穿、爬电；体积电阻率 $\geq 10^{18}\Omega \cdot \text{cm}$ ，表面电阻率 $\geq 10^{16}\Omega$ ；所有阻抗订单介电参数零偏差降级。

6.3.4 力学性能检验

执行标准：IPC-TM-650 2.4.18、2.4.21。

判定要求：板材韧性良好、无脆裂；改性PTFE铜箔剥离强度 $\geq 0.9\text{N/mm}$ ；板面硬度均匀，无局部软塌、形变缺陷；弯曲、拉伸性能符合对应型号规格书要求。

6.3.5 耐热性能检验

执行标准：IPC-TM-650 2.6.8。

判定要求：288℃浸焊10s，循环3次，板材无分层、起泡、发白、爆板；热分解温度 $T_d > 400^\circ\text{C}$ ；260℃模拟回流焊5次，无变形、分层、参数漂移。

6.3.6 耐环境可靠性检验

执行标准：IPC-TM-650系列环境测试标准。

判定要求：吸水率 $\leq 0.01\%$ ；PCT高压蒸煮、冷热冲击、盐雾测试后基材无腐蚀、无分层、无性能衰减；耐酸碱及PCB生产各类药水，无溶胀、发白、侵蚀；具备优异抗CAF离子迁移能力，长期高压高湿无漏电击穿。

6.3.7 阻燃及环保检验

判定要求：阻燃等级UL94 V-0；完全符合RoHS、REACH环保要求，附带有效MSDS、环保检测报告，无有害物质超标。

6.4 检验结果判定规则

合格：所有检验项目全部满足标准要求，无超标、无缺陷，判定为合格，可正常入库上线生产。

轻微不合格：仅外观存在轻微纹理、不影响电气、可靠性、加工性能，经工程、品质确认风险可控，可特采使用。

严重不合格：出现尺寸超差、介电参数漂移、分层、耐热失效、基材腐蚀、金属杂质等缺陷，直接判退，禁止特采。

6.5 不合格品处置规则

来料检验不合格：整批隔离、标识不合格、禁止入库，统一退回供应商。

库存复检不合格：立即冻结库存，隔离报废，禁止上线生产。

替代验证不合格：直接驳回替代申请，禁止该板材替代量产。

出现批量不合格，采购同步供应商整改，品质开立异常单追踪闭环。

6.6 复检与加严检验规则

同一供应商连续2批次出现轻微异常，后续批次加严全检。

出现严重品质异常的板材，供应商整改完成后，需全项复检合格方可再次进料。

存放超过6个月的PTFE板材，上线前必须复检外观、平整度、介电参数。

6.7 检验资料管控

每批次PTFE板材必须留存：检验记录、测试数据、供应商COC、TDS、MSDS、环保报告。

新料、替代料测试报告单独归档留存，作为板材承认及替代依据。

所有检验记录存档周期 ≥ 3 年，高可靠、军工、车载产品存档 ≥ 5 年。

6.8 特殊管控说明

PTFE板材表面惰性极强、易压伤、易残留指纹，检验全过程必须佩戴无尘手套，禁止硬物接触板面。不同填料（玻纤/陶瓷）PTFE检验标准不可通用，需严格对应型号规格书判定。

高频、毫米波、高精度阻抗产品板材，不允许任何参数降级与特采。

7 标志、包装、运输和贮存

7.1 标志

7.1.1 产品包装标志应包含以下内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品净含量；
- c) 产品生产日期及保质期；
- d) 执行标准号；
- e) 储存条件提示（如“阴凉干燥处存放”）；
- f) 产品合格标识。

7.1.2 包装箱上的包装标志应符合 GB/T 191 的相关要求，标志应清晰、牢固，不应因运输条件和自然条件褪色、变色、脱落。

7.2 包装

7.2.1 整体包装需具备防尘、防压、防潮、防震、防弯折功能，包装牢固紧实，运输过程无松动、滑移、摩擦。

7.2.2 所有包装材料干净无尘、无杂质、无油污、无吸水性，禁止使用粗糙纸质、硬颗粒包装材料直接接触板面。运输

产品在运输过程中，应避免日晒、雨淋、受潮、剧烈振动和撞击，不得与尖锐物品、腐蚀性物质混装运输。装卸过程中应轻拿轻放，严禁抛掷、翻滚，防止包装破损和产品变形。

7.3 贮存

7.3.1 贮存环境条件

7.3.1.1 温湿度条件：仓库常温贮存，环境温度 $15^{\circ}\text{C} \sim 28^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $\leq 65\%$ ，PTFE 板材本身吸水率极低，无需严苛防潮，但需避免长期高湿结露导致包装受潮、板面附着水汽杂质。

7.3.1.2 环境要求：仓储区域洁净无尘、无油污、无腐蚀性气体、无酸碱挥发物，通风良好，避免阳光长期直射。

7.3.1.3 场地要求：地面平整干燥，具备防尘、防震、防挤压、防磕碰防护条件，远离重物施压区域。

7.3.1.4 隔离要求：严禁与化工药水、腐蚀性物料、重型物料混区存放。

7.3.2 贮存堆放要求

7.3.2.1 PTFE 板材质地偏软、易受压变形，必须平放贮存，禁止竖放、斜放、弯折堆放。

7.3.2.2 板材堆叠下方必须放置平整硬质垫板，保证受力均匀，杜绝局部受压凹陷、板面翘曲。

7.3.2.3 整垛板材堆放高度 $\leq 150\text{mm}$ ，半成品堆放高度 $\leq 100\text{mm}$ ，防止底层板材长期受压产生冷流变形、永久板翘。

7.3.2.4 入库板材必须保持原有包装完整，覆膜、隔离纸、防潮膜、外包装纸箱齐全，禁止裸板直接入库堆放。

7.3.2.5 分类分区贮存：纯 PTFE、玻纤填充 PTFE、陶瓷填充 PTFE 单独分区存放，不同厚度、不同铜厚、不同 Dk 参数板材独立堆放，彻底杜绝混料。

7.3.2.6 板材堆放间距合理，预留巡检、搬运空间，禁止挤压、碰撞、摩擦板材边缘。

7.3.3 库存周期管理

T/CWDPA XXXX—XXXX

7.3.3.1 贮存有效期：PTFE 板材原厂密封状态下库存有效期 12 个月。

7.3.3.2 库存存放 6 个月以上的板材，上线前需复检外观、平整度、板面洁净度；高精度阻抗板材需额外复测介电参数。

7.3.3.3 库存超过 12 个月的板材，禁止直接量产使用，需全项目可靠性复检，验证合格后方可特采，不合格直接冻结报废。
