

天线产品规格书

Antenna Product Specification

板载天线 | On-Board PCB Antenna

产品型号 Model	ANT-2442-A
版本号 Version	Rev 1.0
发布日期 Issue Date	2025-12-13
文件编号 Doc. Code	DOC-ANT-2442-001
频段 Frequency	2.4 GHz (2400 ~ 2483.5 MHz)
应用协议	Bluetooth Low Energy (BLE) 5.x
状态 State	量产版本 (Production)

Manufacturer: Shenzhen Lingzhong Microelectronics Technology Co., Ltd
Manufacturer address: Room 901B, Building A, Fencheng Zhigu Building, No. 60 Tiezi Road
, Gongle Community, Xixiang Street, Bao'an District, Shenzhen

1. 修订历史 (Revision History)

版本	日期	作者	修订说明
1.0	2025-12-13	--	初始版本发布

2. 产品概述 (Product Overview)

本文件描述 ANT-2442-A 系列 2.4 GHz PCB 板载天线的电气性能、机械尺寸及应用指南。该天线为蛇形折叠倒 F 型天线 (Meandered Inverted-F Antenna, IFA)，基于 Texas Instruments 应用文档 SWRA117D (AN043) 参考设计改进而来，直接集成于客户 PCB 上，按照实际性能添加所需额外的天线元件或匹配网络。

2.1 主要特性 (Key Features)

- 工作频率：2.4 GHz ISM 频段 (2400 ~ 2483.5 MHz)
- 支持协议：Bluetooth LE 5.x、IEEE 802.15.4 (Zigbee/Thread)、2.4 GHz 私有协议
- 馈电阻抗：50 Ω ，可直接与 RF IC 相连 (免匹配网络)
- 典型峰值增益：0 dBi @ 2.442 GHz (保守值；参考设计实测约 4.5 dBi)
- 无源天线，无需外部供电
- 工作温度：-40°C ~ +85°C

2.2 典型应用 (Typical Applications)

- 可穿戴设备 / IoT 传感器节点
- BLE 游戏手柄 / 无线控制器
- 智能家居网关模块
- 工业 Mesh 网络节点

3. 电气规格 (Electrical Specifications)

以下参数测试条件：参考 PCB 尺寸 50 × 25 mm，FR4 基材 $\epsilon_r=4.3$ ，板厚 1.2 mm。

参数 Parameter	最小值 Min	典型值 Typ	最大值 Max	单位 Unit
工作频率 Frequency				
工作频率范围	2400	--	2483.5	MHz
中心频率	--	2442	--	MHz
天线性能 Antenna Performance				
峰值增益 (Peak Gain)	--	0	--	dBi
平均增益 (Average Gain)	--	-1.0	--	dBi
辐射效率 (Radiation Efficiency)	--	60	--	%
总辐射功率效率 (TRP Efficiency)	--	55	--	%
阻抗特性 Impedance				
输入阻抗	--	50	--	Ω
VSWR	--	--	2.0	--
回波损耗 (Return Loss)	--	--	-10	dB
极化 Polarization				
极化方式	--	线性极化 (Linear)	--	--
环境参数 Environmental				
工作温度范围	-40	--	+85	$^{\circ}\text{C}$
储存温度范围	-55	--	+125	$^{\circ}\text{C}$

4. 机械规格 (Mechanical Specifications)

参数	数值	备注
天线类型	PCB 板载天线	蛇形折叠倒 F 型 (Meandered IFA)
天线长度 (L)	32.56mm	沿 PCB 走线方向
天线宽度 (W)	0.5 mm	蛇形线宽
PCB 厚度	1.2 mm	FR4 基材
净空区域 (Clearance)	≥ 15 × 5 mm	天线下方禁止铺铜
馈电点阻抗	50 Ω	无需匹配网络 (直连)
接地间距	见布局图	参考第 6 章

4.1 天线外形尺寸图 (Antenna Outline Drawing)

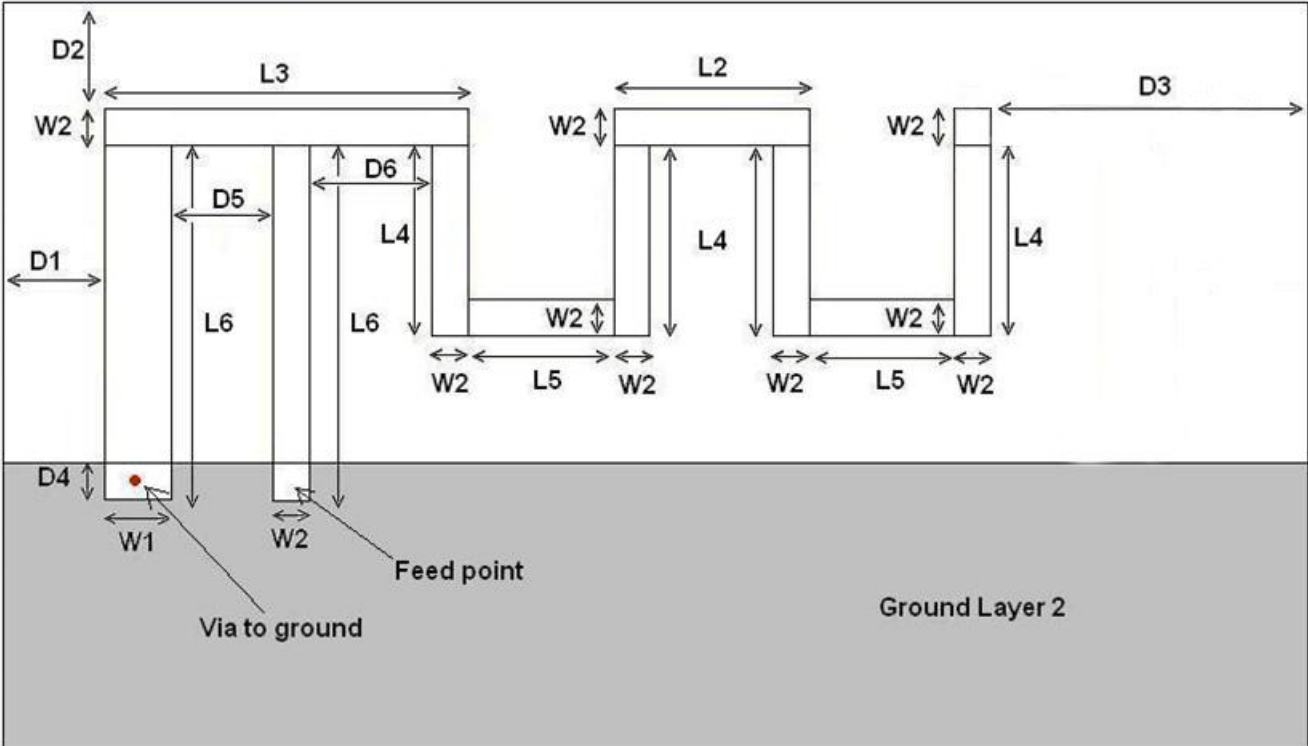


图 4-1 ANT-2442-A 天线走线尺寸图（单位：mm）

L2	2.70mm
L3	5.00mm
L4	2.64mm
L5	2.00mm
L6	4.90mm
W1	0.90mm
W2	0.50mm
D1	0.50mm
D2	0.30mm
D3	2.50mm
D4	0.50mm
D5	1.40mm
D6	1.70mm

表 1-1 ANT-2442-A 天线走线尺寸表（单位：mm）

5. RF 性能数据 (RF Performance Data)

5.1 S11 / 回波损耗曲线 (Return Loss)

[参考 S11 曲线，请认证实验室用 VNA 测量并在此处附图。]

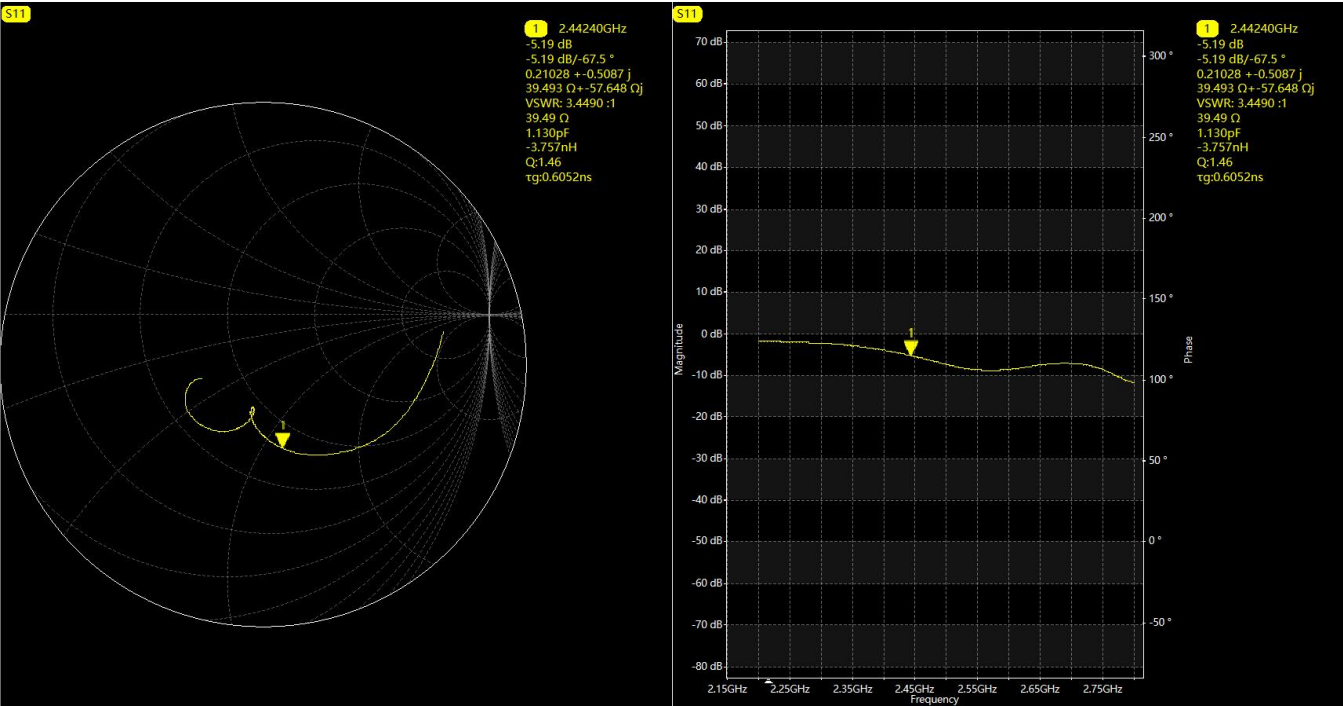


图 5-1 S11 回波损耗曲线 @ 2.4 GHz

5.2 天线方向图 (Radiation Pattern)

[方向图数据参考 TI SWRA117D 原始测试结果（图 7~14）。改动后天线的实测方向图，请认证实验室在暗室测量时同步获取。]

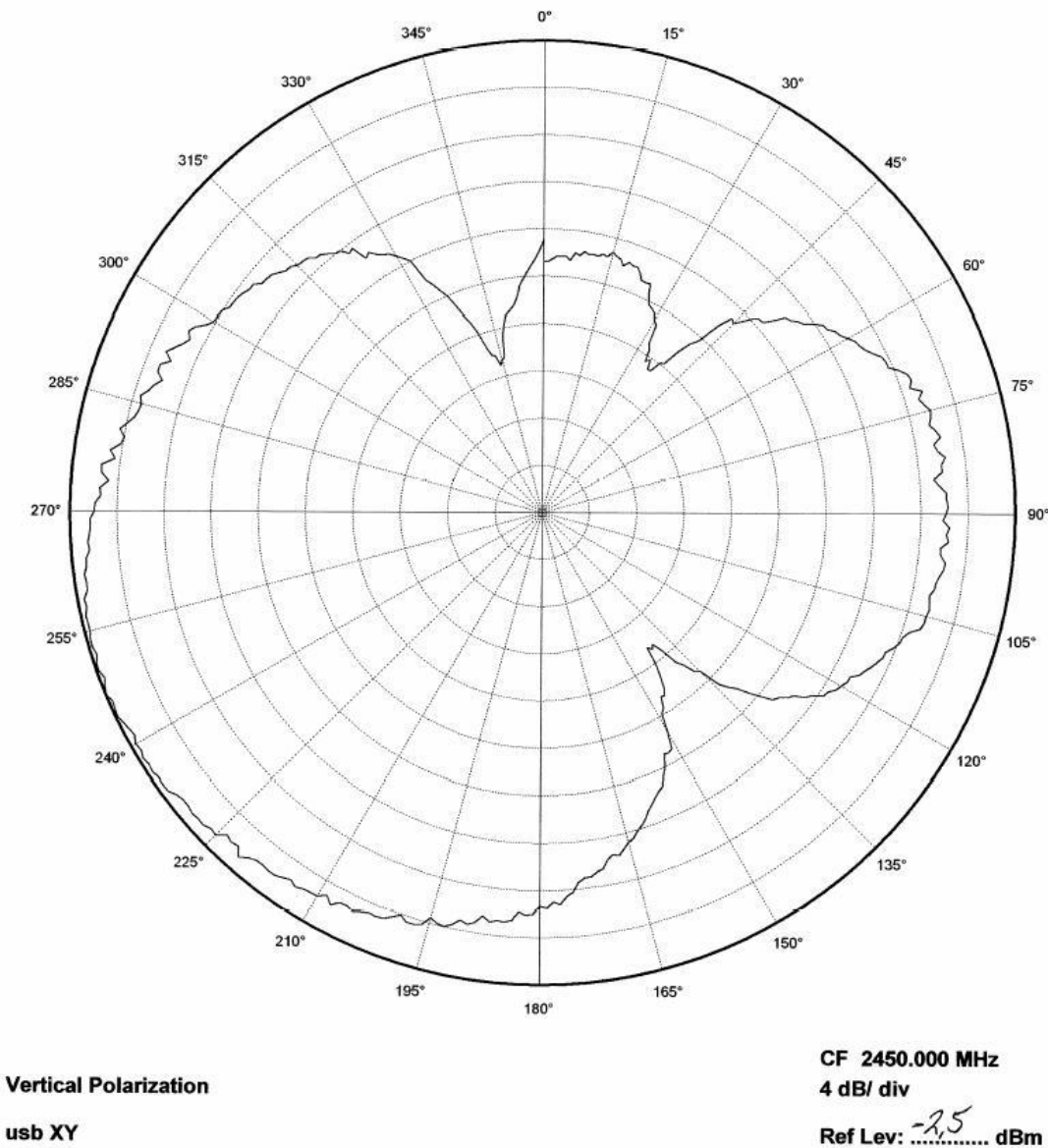


图 5-2 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

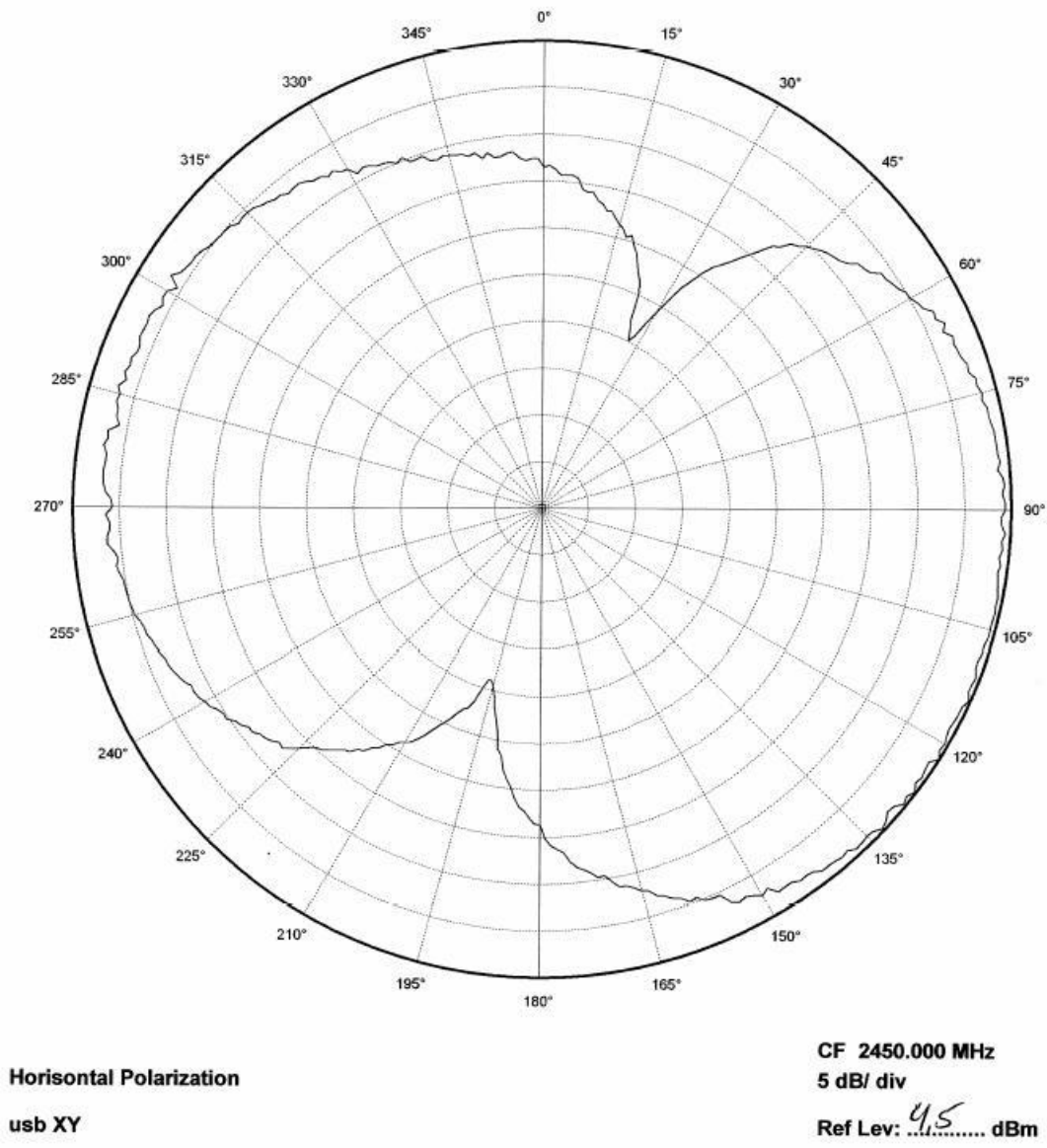


图 5-3 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

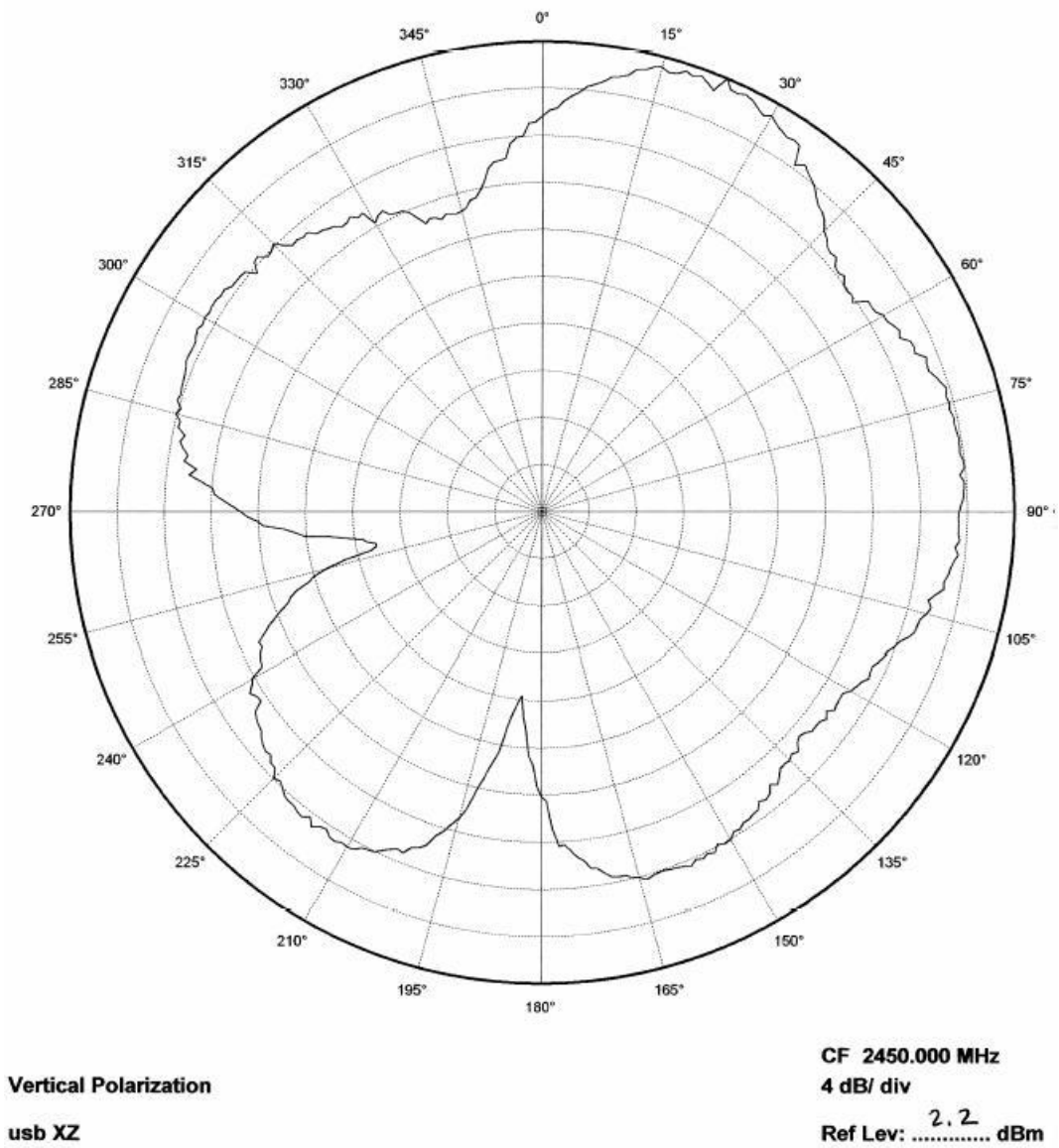


图 5-4 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

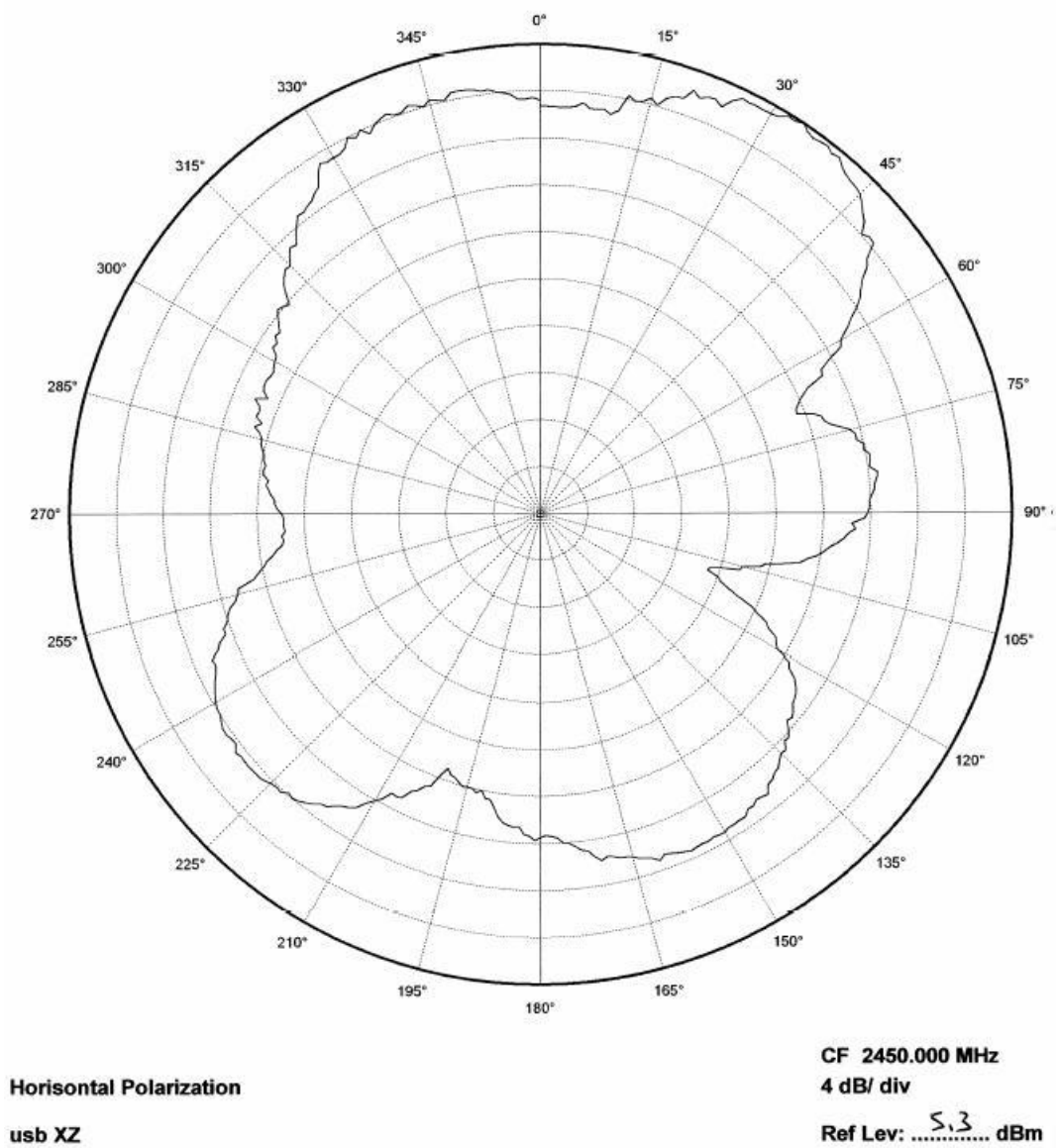


图 5-5 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

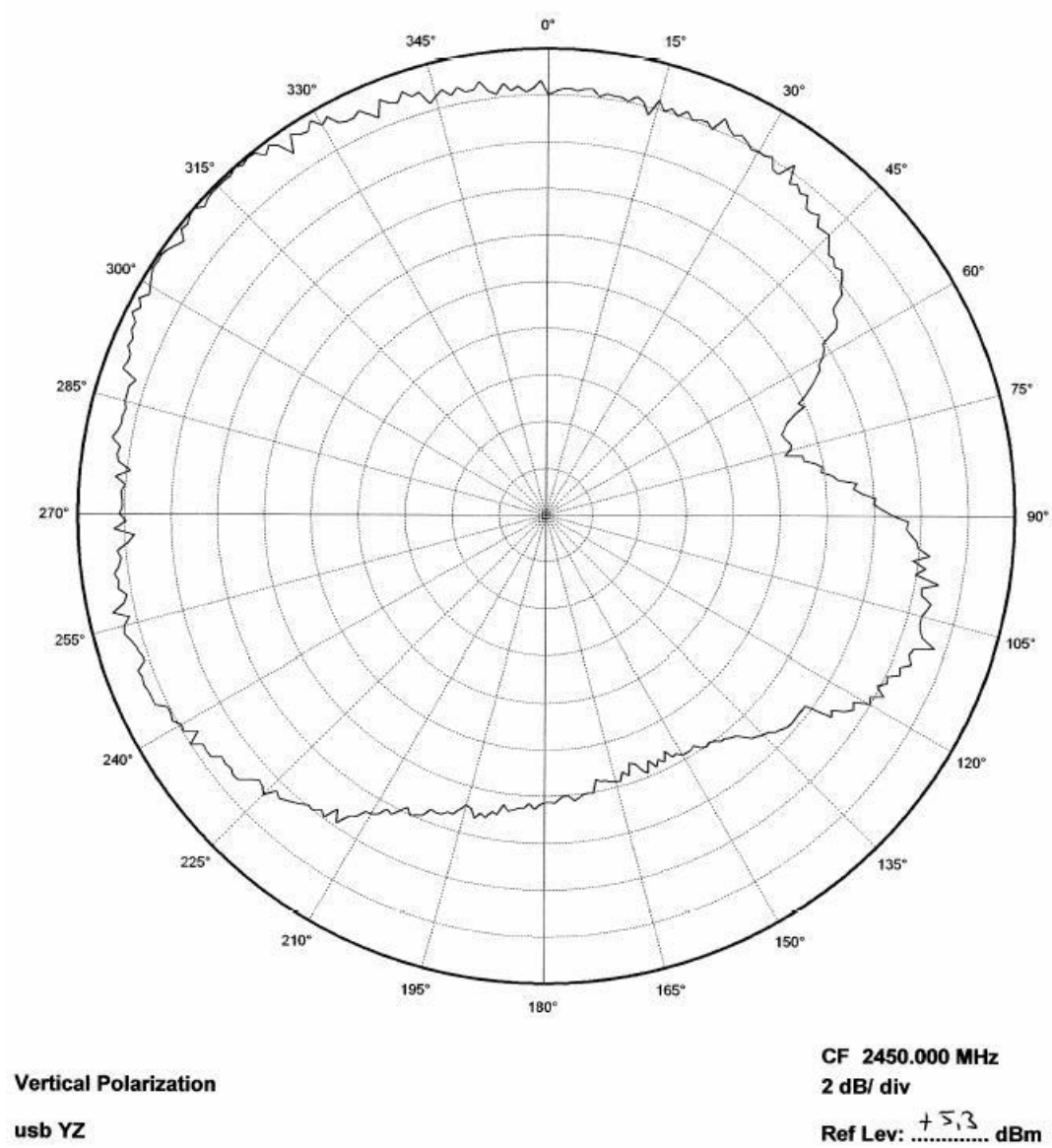


图 5-6 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

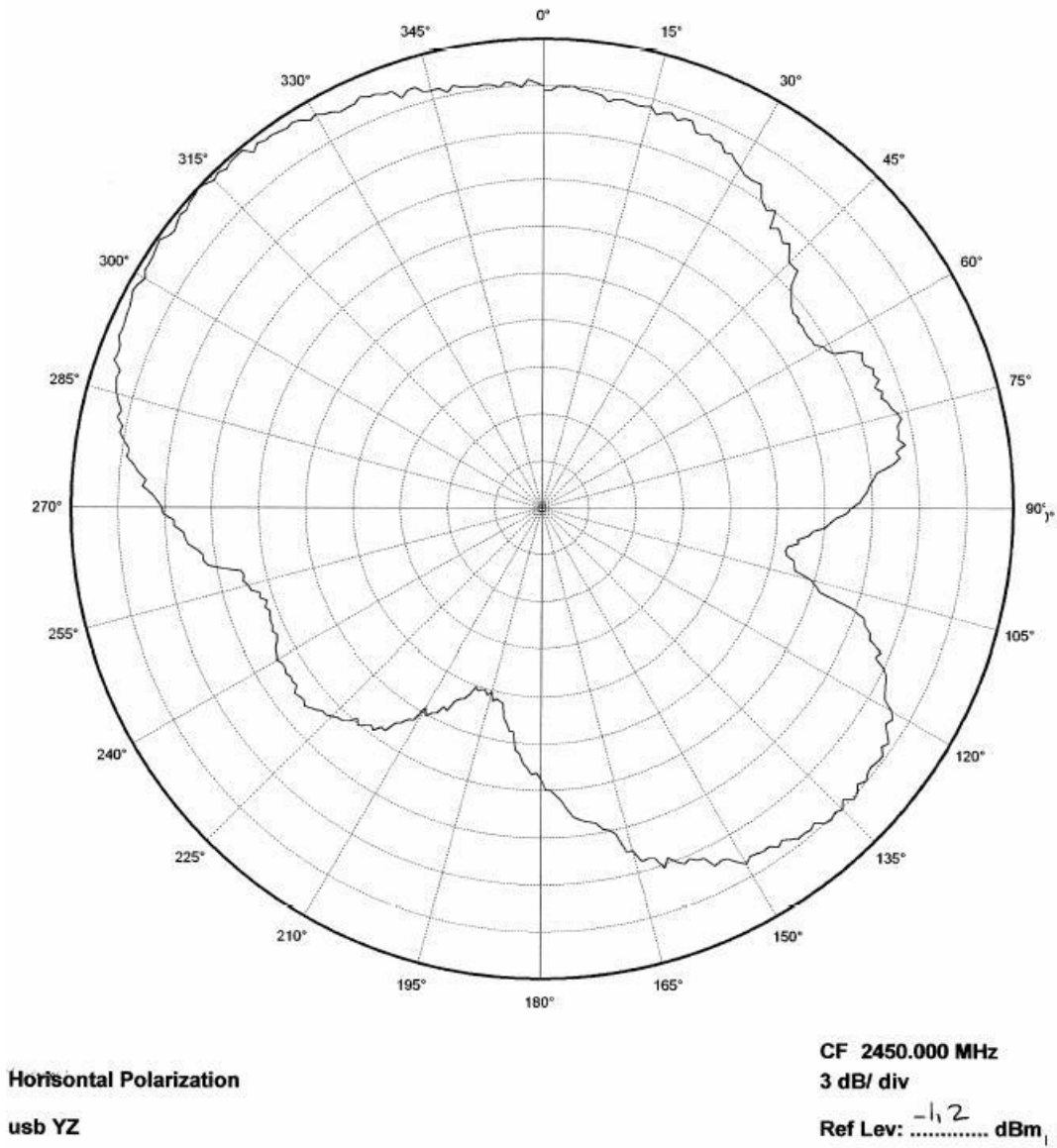


图 5-7 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

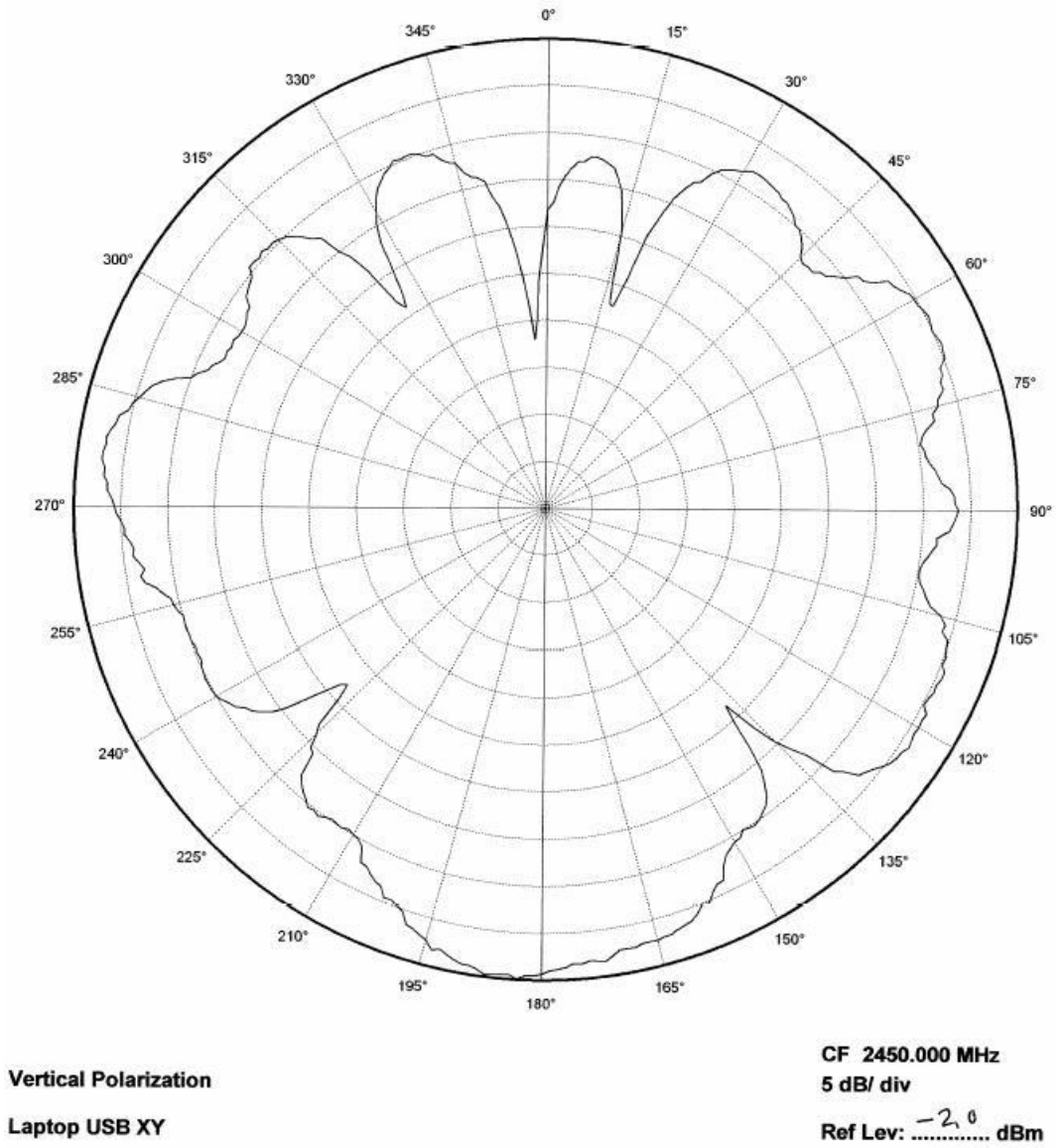


图 5-8 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

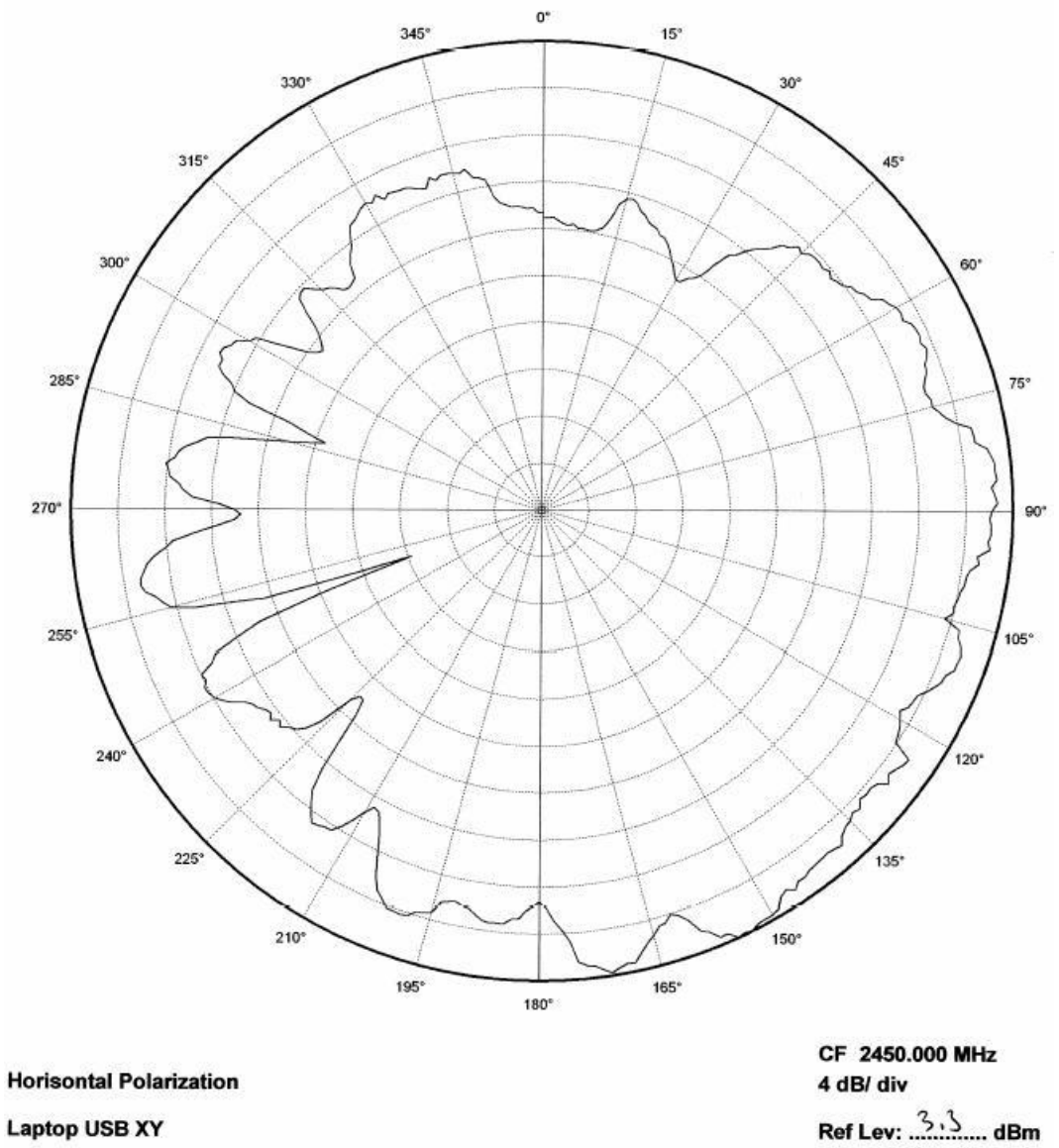


图 5-9 ANT-2442 2442 MHz 天线方向图（左：XY 面 / 右：XZ 面）

6. PCB 布局要求 (PCB Layout Guidelines)

要求项	说明
净空区 (Keep-Out Zone)	天线区域下方（包含顶层和底层）禁止任何铜箔、走线、过孔。净空区至少延伸至天线走线外轮廓 2 mm。
接地平面	天线起始端（馈电段）需与良好的接地平面相连；接地平面越完整，天线性能越稳定。
馈电线走线	从 RF IC 到天线馈电点的走线应为 50 Ω 微带线，长度尽量短，避免弯折。
层叠结构	推荐使用 4 层板或 2 层板；2 层板时底层建议铺满地铜（GND Plane）。
周边器件距离	天线净空区内不得放置金属壳体器件、屏蔽罩、电解电容等。
PCB 边框距离	天线走线距 PCB 板边距离 ≥ 1.0 mm。
螺丝孔 / 安装孔	若有安装孔，孔环（Annular Ring）不得侵入净空区域。

6.1 参考布局图 (Reference Layout)

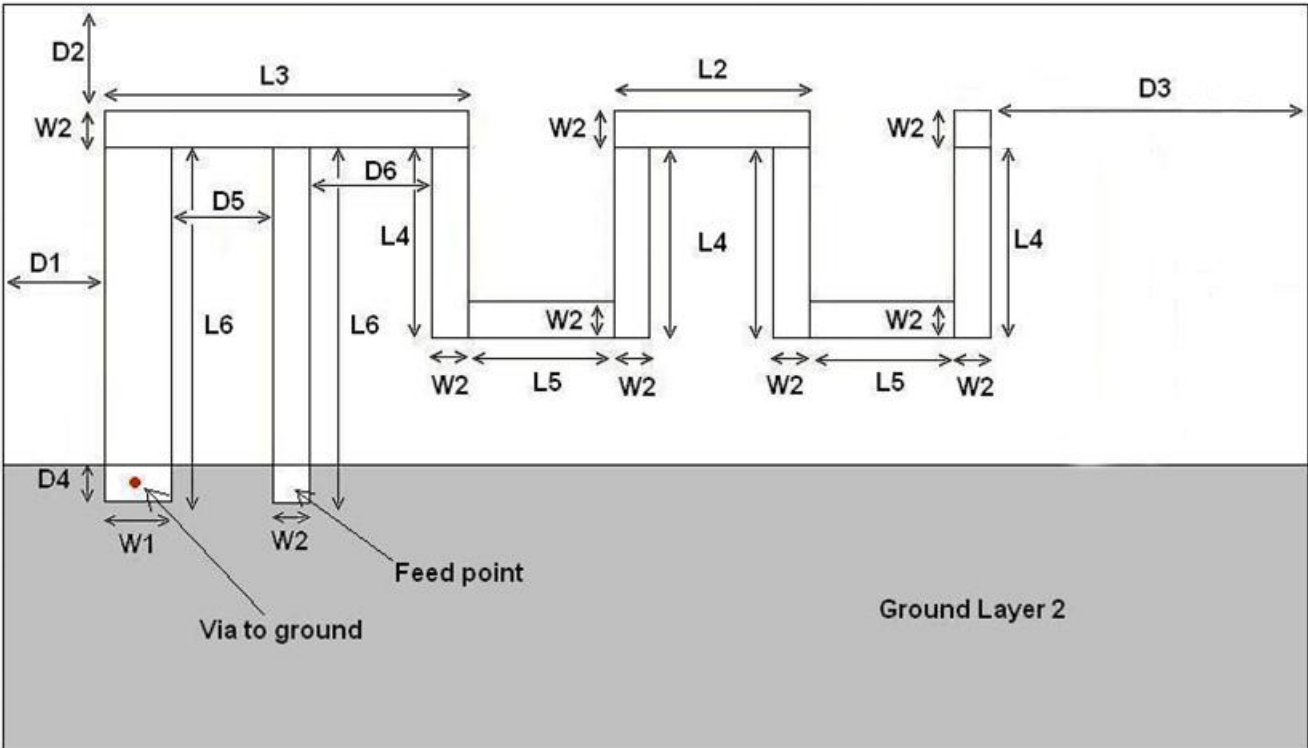


图 6-1 ANT-2442 PCB 参考布局（具体数据参考表 1-1）

7. 组装与工艺 (Assembly & Process)

项目	规格 / 说明
天线结构	PCB 板载（无独立器件）—— 天线即 PCB 走线，无需贴片
连接方式	直接通过 PCB 走线馈入 RF IC 或匹配网络
PCB 基材要求	FR4，介电常数 $\epsilon_r \approx 4.3 \pm 0.2$ ，损耗正切 $\tan\delta \leq 0.02 @ 2.4 \text{ GHz}$
阻焊层要求	天线走线上方建议开窗（裸铜）或使用无卤素绿油；不建议覆盖厚油墨
表面处理	建议 HASL（无铅）或 ENIG（化学镍金）
回流焊兼容性	N/A（板载天线，无回流焊要求）
清洗要求	允许水洗，不影响天线性能

8. 测试条件与方法 (Test Conditions)

所有射频参数在以下标准条件下测量：

测试环境：	暗室（全波段测试）或自由空间（增益方向图）
参考 PCB：	50 × 25 mm，FR4（ $\epsilon_r=4.3$ ），板厚 1.2 mm，双面板，底层满铺 GND
测试仪器：	矢量网络分析仪（VNA），频率范围 300 kHz ~ 6 GHz
校准方式：	端口校准至馈电点（同轴线+PCB SMA 连接器），SOLT 校准
测试频点：	2402 / 2442 / 2480 MHz（信道 0 / 19 / 39）
温度：	室温 25°C ± 3°C

9. 注意事项 (Important Notes)

- PCB 净空区内严禁铺铜：**任何覆铜或走线进入净空区将导致频率偏移和增益下降，情节严重时将无法满足不同 FCC/CE 认证要求。
- PCB 尺寸影响天线性能：**本规格书基于参考 PCB（50 × 25 mm）测量。实际产品 PCB 尺寸变化将影响接地平面谐振频率，建议重新调试馈线匹配网络。
- 金属外壳影响：**若设备封装在金属壳体内，需在壳体上预留天线开孔或导光孔；否则建议使用外置天线。
- 生产一致性：**生产阶段建议对每批 PCB 进行天线 S11 抽样测试，确认共振频率在 2440 ± 15 MHz 范围内。

法律声明 Legal Notice

本文件及其所有内容属深圳市灵众微电子科技有限公司专有资产，受著作权法保护。未经灵众微电子书面授权，任何个人或机构不得以任何形式复制、传播或用于商业用途。规格如有变更，恕不另行通知。

This document and all of its contents constitute the proprietary assets of Shenzhen Lingzhong Microelectronics Technology Co., Ltd. and are protected by copyright law. Without the express written authorization of Lingzhong Microelectronics, no individual or entity may reproduce, distribute, or utilize this material for commercial purposes in any form. Specifications are subject to change without prior notice.