



图书馆RFID应用工程 and 行业标准制定

王东 杨迅捷

上海交通大学RFID与物联网研究所

上海/无锡RFID与物联网应用测试公共服务平台

日期 / 2014年7月1日





1/图书馆RFID应用可行性

2/如何提高图书馆RFID应用性能

3/制定图书馆RFID应用标准的技术路线

目 录

什么是RFID

RF – Radio Frequency 射频

ID – Identification 识别



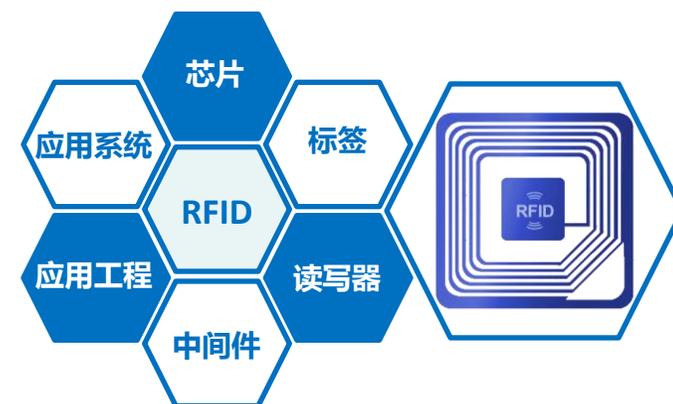
RFID

无线通信技术与自动识别技术
完美结合

RFID如何工作

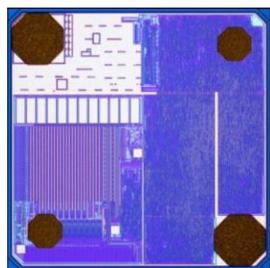
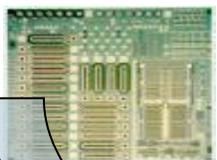


RFID技术组成

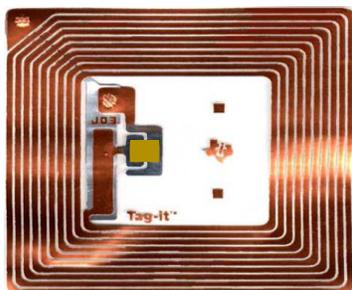




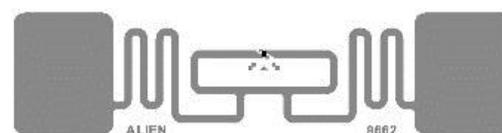
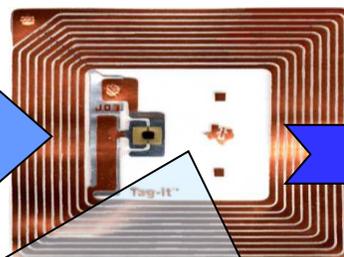
标签芯片



天线



内嵌单元



智能标签





打印机/编译器



固定式识读器



手持式识读器





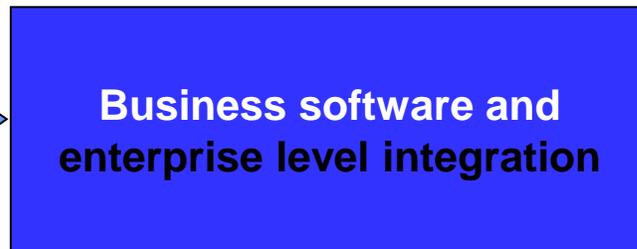
硬件



中间件

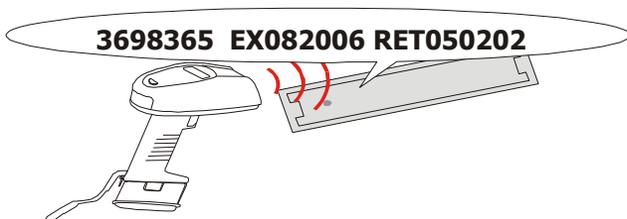
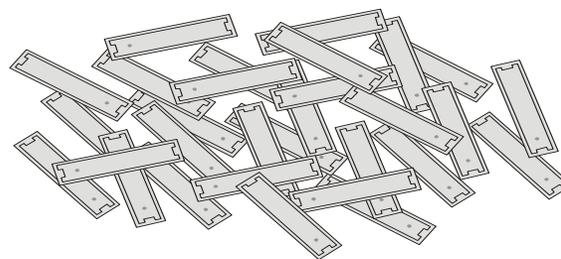
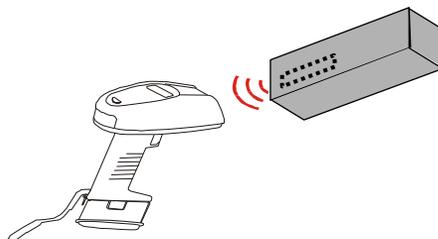
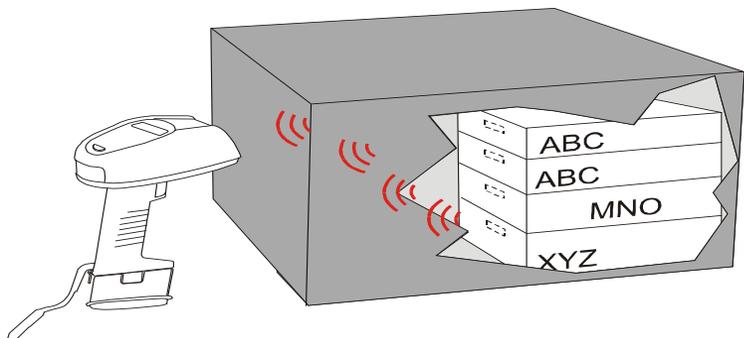


应用解决方案





RFID与条形码的比较







RFID是物联网感知层核心技术

应用层



智慧银行



智慧交通



智慧物流



智慧商业



智慧医疗



智慧能源



智慧农业

中间件

数据计算



数据存储



数据处理



网络层



有线网络



无线网络



核心交换



网络终端

感知层



条形码



二维码



磁条



WSN



GIS



MEMS传感



图像识别



生物识别



语音识别

2006年6月，科技部等15个部委联合发布《中国RFID技术政策白皮书》





RFID被认为是将孕育巨大产业的战略高技术

- ④ 作为量大面广的基础技术，**RFID技术将彻底改变人类的生产 and 生活方式。**
- ④ **RFID技术已经成为引发以物流与流通领域为代表的诸多行业发展过程中新一轮革命性变革的“触发器”和“催化剂”，被认为是21世纪最有发展前途的战略高技术之一。**



RFID技术将彻底改变人类的生产和生活方式



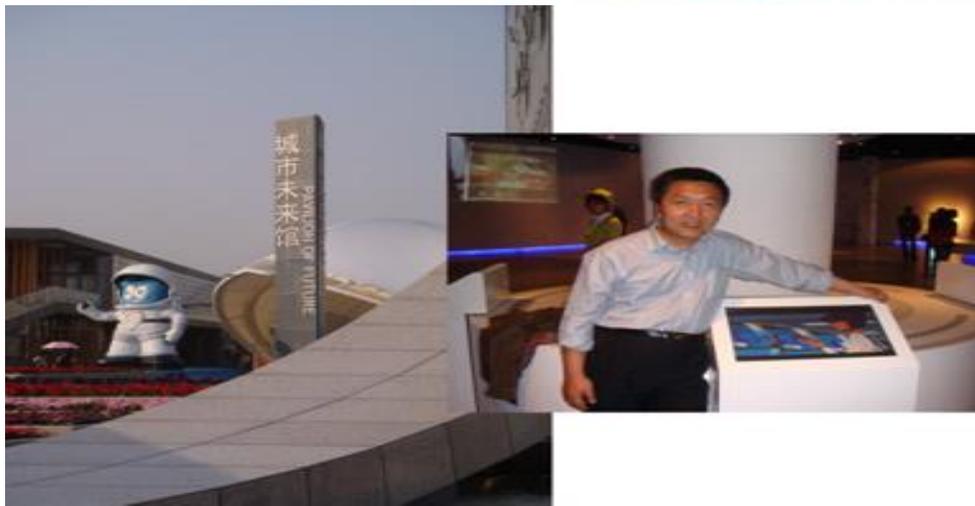
RFID业界奋力投入到洪流中！

2005年9月27日，上海建立了中国第一个RFID产学研联盟

——上海RFID与物联网产学研联盟



2009年10月国内第一家基于RFID的未来商店依托上海世博会特许商品旗舰店在南京路投入商业运营



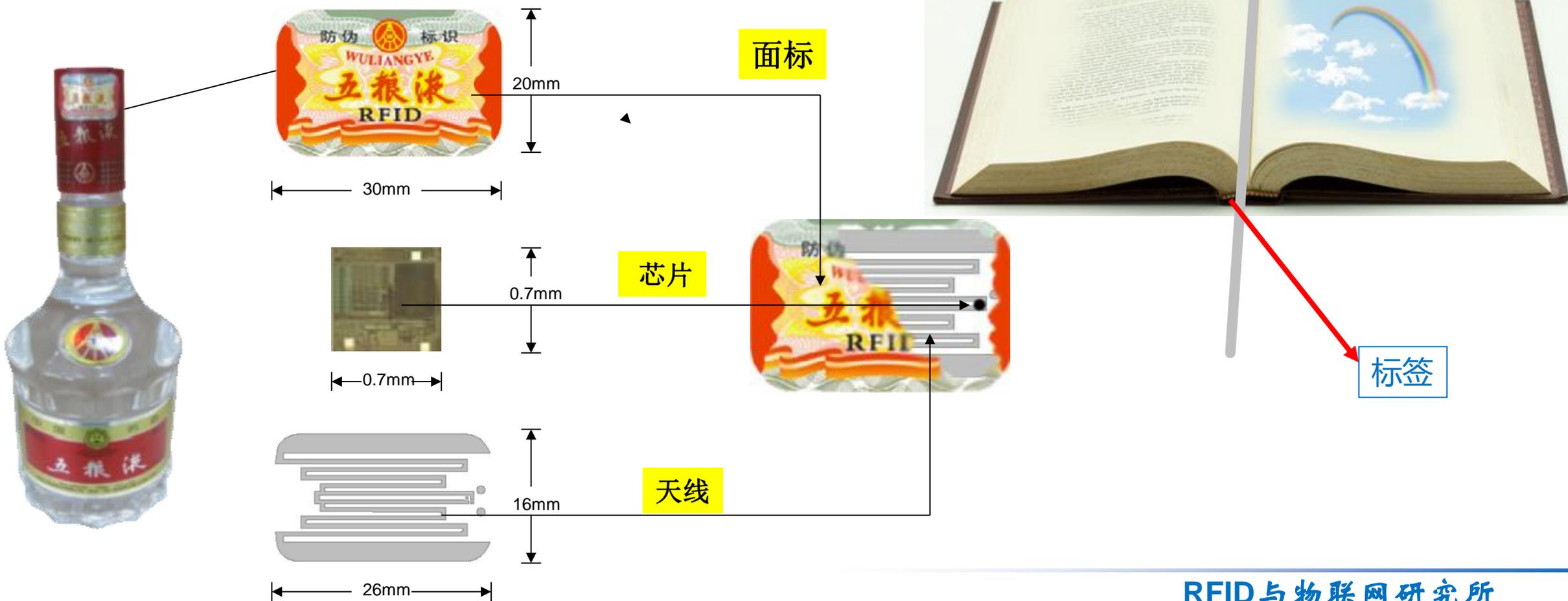
但是，没有等来RFID预期的井喷发展，很多公司成为“先烈”

....



杀手级应用

- 是刚性需求，不是柔性需求
- 量要大





图书馆RFID应用可行性

- 图书馆适合发展RFID应用
- 图书馆RFID应用中的暗礁



1

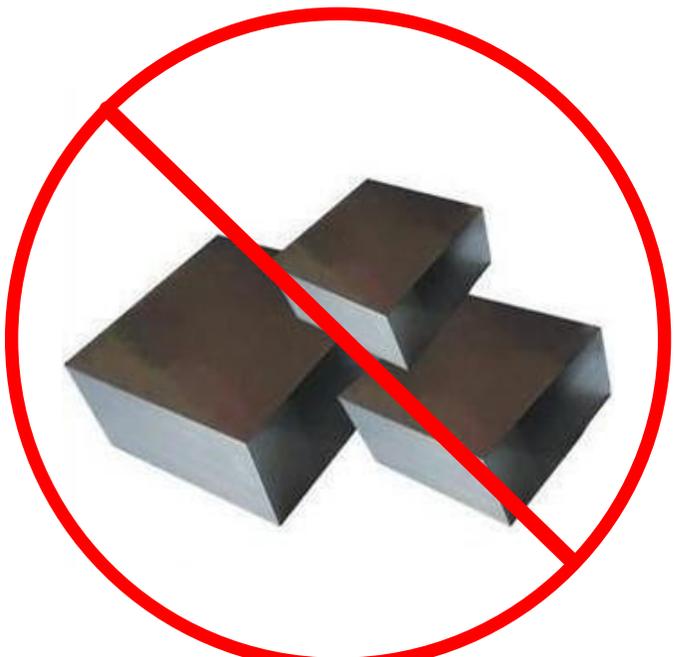
- 图书馆应用环境对RFID技术相对友好

2

- 图书馆业务流程、业务需求和业务对象模型成熟

3

- 图书馆数字化和智慧化服务的必然要求



电磁波

金属：全部反射



水：部分反射、部分吸收



图书：相对友好



读者



馆员



图书馆数字化和智慧化服务的必然要求



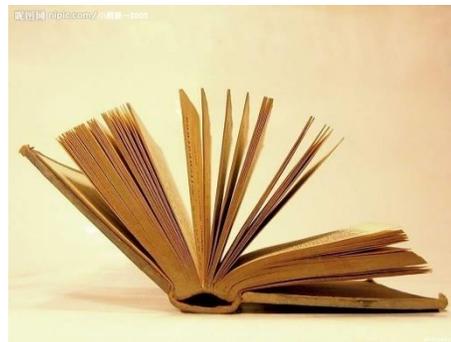
读者:

“延长了借还书时间；可以清晰定位书本位置”



图书馆馆员:

“降低了盘点工作量，提高了效率”；减少了与读者间的摩擦

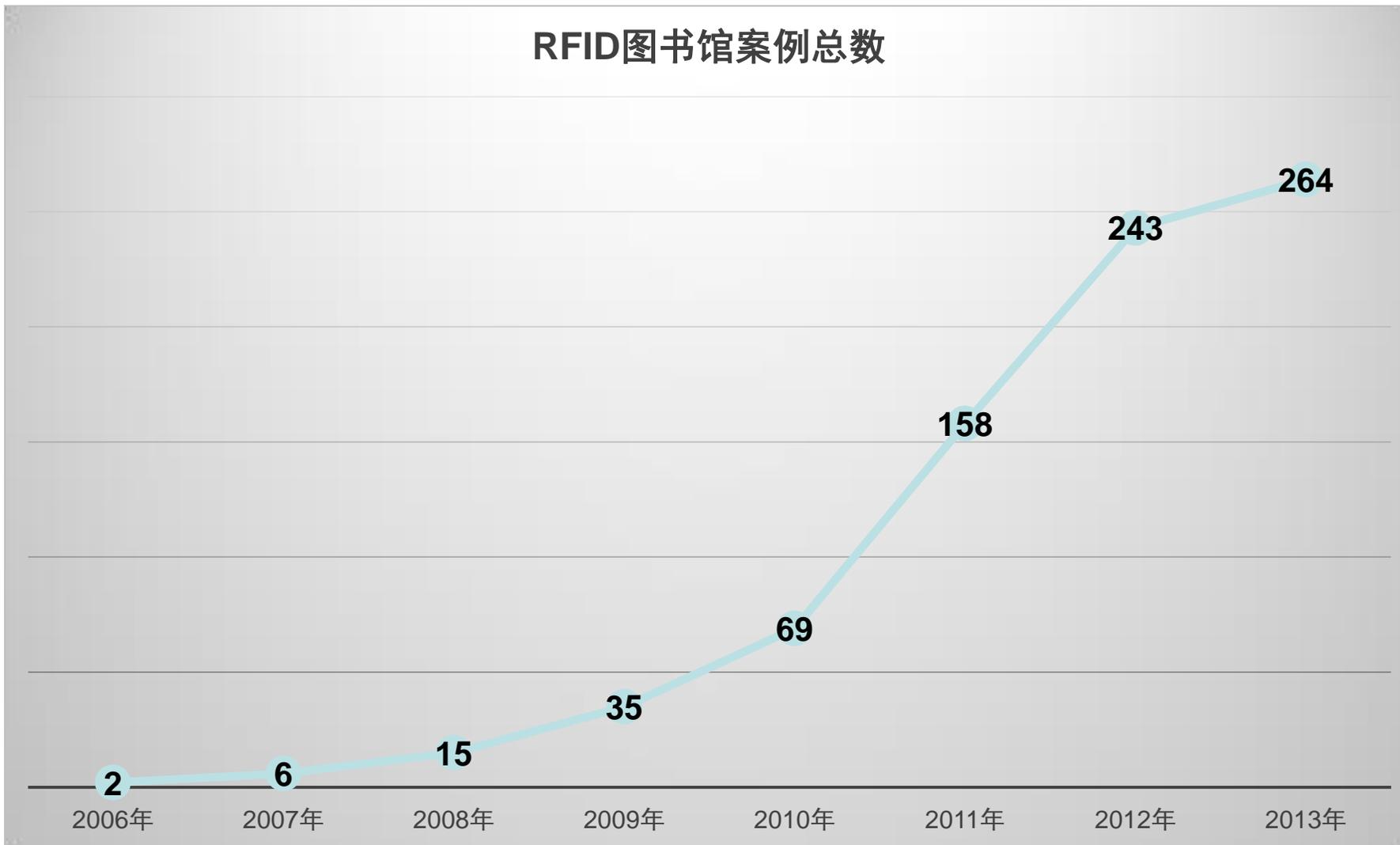


书商:

“电子化管理为传统图书带来了春天”



RFID图书馆案例总数





单位:Hz

LF 低频RFID

低成本 | 环境适应佳

HF 高频RFID

安全性高 | 手机支持

UHF 超高频RFID

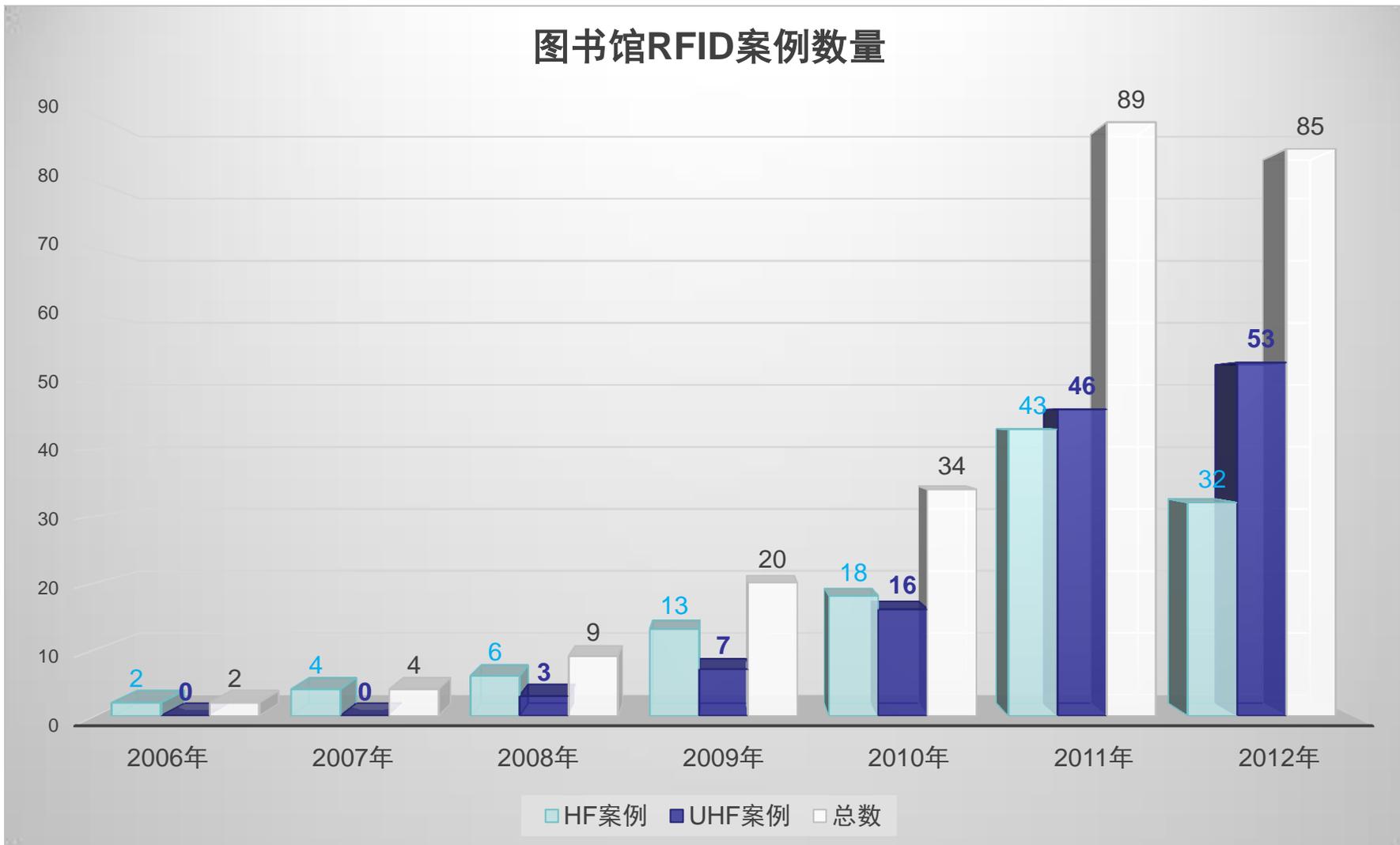
距离远 | 读得多

MW 微波RFID

距离更远 | 有电池



图书馆RFID案例数量





如何提高图书馆RFID应用性能

- 开展RFID应用工程研究
- 基于图书业务需求进行RFID应用测试
- 归纳提炼图书RFID应用技术特性



RFID系统到底“上”还是“不上”？

- 磁条系统需要被RFID代替吗？
- 新旧系统并行，如何做到兼容？馆际间如何兼容？
- RFID对流通效率到底有多少提高？
- 是高频(HF)还是超高频(UHF)？
- 哪个品牌系统最好？应该如何选择？
- 系统的价格是否能够承受？
- 自助借还真的能够代替人工借还吗？
- 读者能够接受自助借还吗？
- 自助借还防盗如何解决？
- 国内RFID标准何时出台？发展方向是什么？



标签技术问题

- 多本图书借还标签读不全？
- RFID标签受磁条标签干扰？
- RFID标签可以使用10年？
- 一种RFID标签适合所有图书？

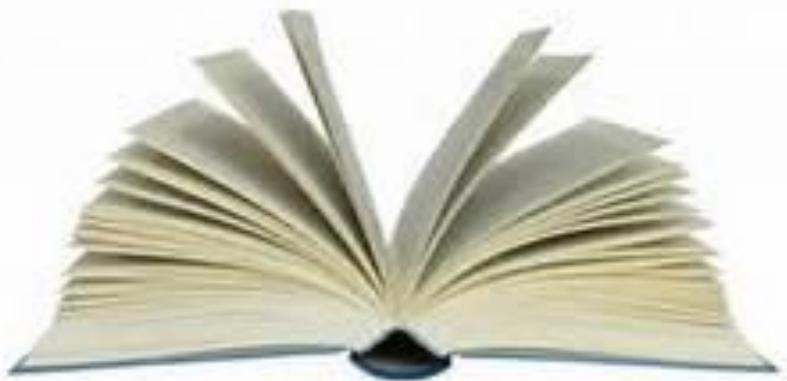
读写设备技术问题

- 门禁系统防盗效果？
- 自助借还设备多本识读率？
- 盘点设备一次读到多本书？
- 读写器射频对人体是否安全？

系统互操作性问题

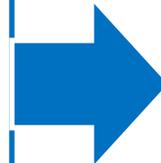
- 设备符合数据模型要求？
- 不同厂家标签和读写设备兼容？
- 设备是否兼容数据交互平台？

需要开展RFID应用测试避开技术暗礁



超高频图书标签技术需求

- 标签粘贴隐蔽
- 标签与磁条共存
- 标签适合各种应用
- 标签在各种图书上的性能
-



- 标签外形设计
- 标签频点偏移控制
- 标签方向性控制
- 标签带宽控制
-



- ④ **RFID标签应用工程**
 - 标签天线设计
 - 标签粘贴位置优化
- ④ **RFID读写器应用工程**
 - 读写器参数设置
 - 读写器模式与应用情境的匹配
 - 读写器空间部署优化
- ④ **RFID应用解决方案测试**

RFID标签天线版图纷繁复杂



Rank	Company	Innovation	Implementation
1	Alien Technology	95.5	93.3
2	UPM Raflatac	94.8	91.1
3	Avery Dennison	91.5	94.4
4	IER	81.3	73.3
5	Omron Corp	81.3	68.9
6	KSW Microtec AG	78.0	55.6
7	Tagsys	74.7	57.8
8	Checkpoint Systems	72.0	60.0
9	RSI ID Technologies	79.7	46.7
10	RCD Technology Corporation	67.0	36.0
11	FCI Smartag	43.3	26.7

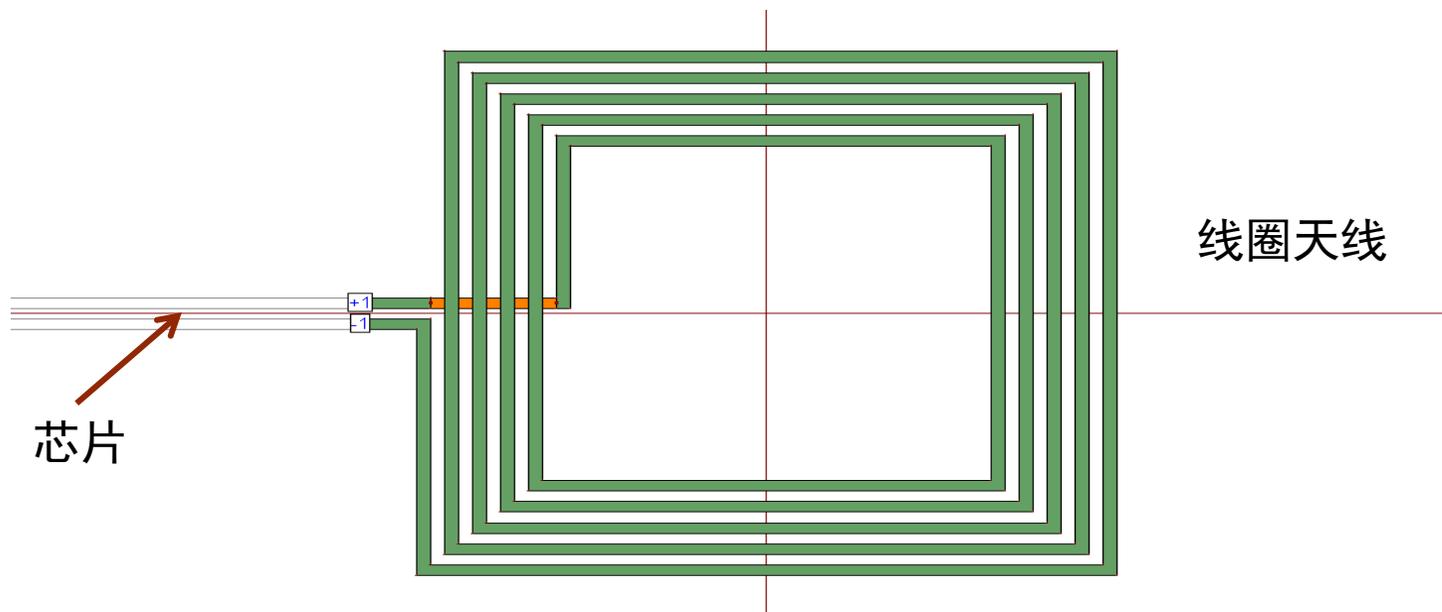
(Source: ABI Research)



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

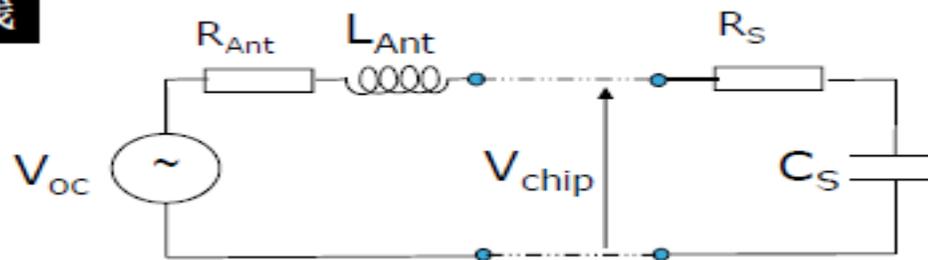
HF标签天线

HF标签天线基本模型



- 等效电路

天线



- ① 首先，分析高频芯片参数，主要为电容值（等效为串联电路后的电容值，例如NXP SL2S2002，芯片串联电容为23.5pF）
- ② 然后，根据公式计算天线应有电感

$$\omega^2 \cdot L_{\text{ant}} \cdot C_s = 1 \text{ (Tag天线设计满足条件)}$$

- ③ 最后，依据天线要求尺寸和形状设计天线具体参数

方环天线的电感

$$L_{\text{ant}} = K1 \times \mu_0 \times N^2 \times \frac{d}{1 + K2 \cdot p}$$

- $d = (d_{\text{out}} + d_{\text{in}})/2$ (mm), 其中: d_{out} = 外径; d_{in} = 内径
- $p = (d_{\text{out}} - d_{\text{in}})/(d_{\text{out}} + d_{\text{in}})$ (mm)
- K1和K2取决于版图设计(具体数值见表1)

图 10: 方环天线

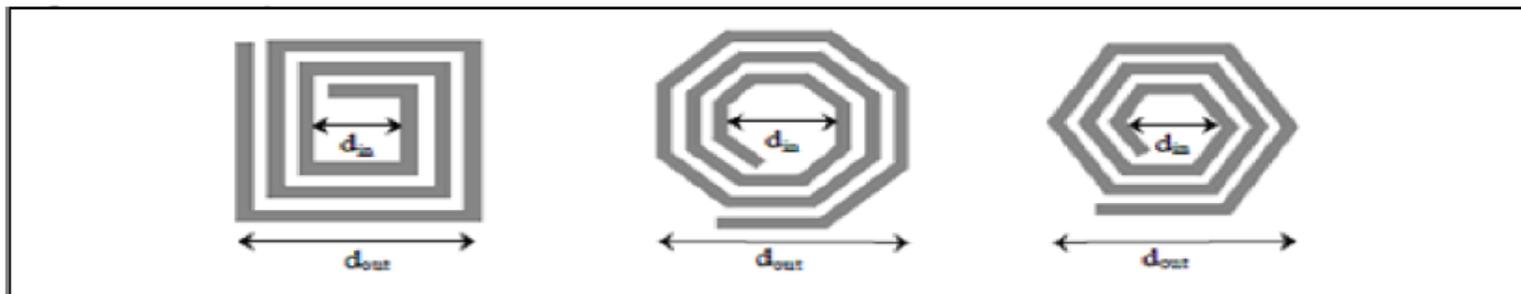


表 1: 由天线版图决定的K1和K2值

天线版图	K1	K2
正方形	2.34	2.75
六边形	2.33	3.82
八边形	2.25	3.55

④ 对于单面天线而言

- 天线形状（矩形、圆形等）、线圈匝数、线宽、间距宽

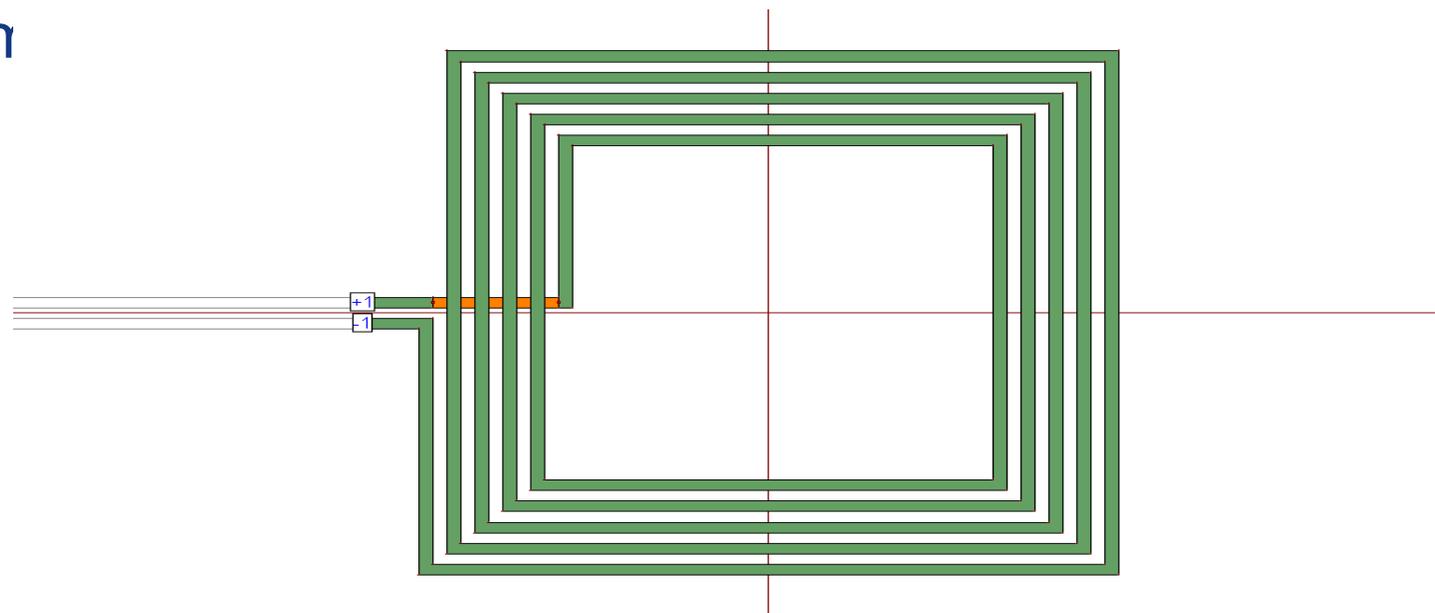
④ 对于双面天线而言

- 不仅包括以上参数值，还有上下两层天线间距离以及中间隔层的材质等



基本模型参数设置

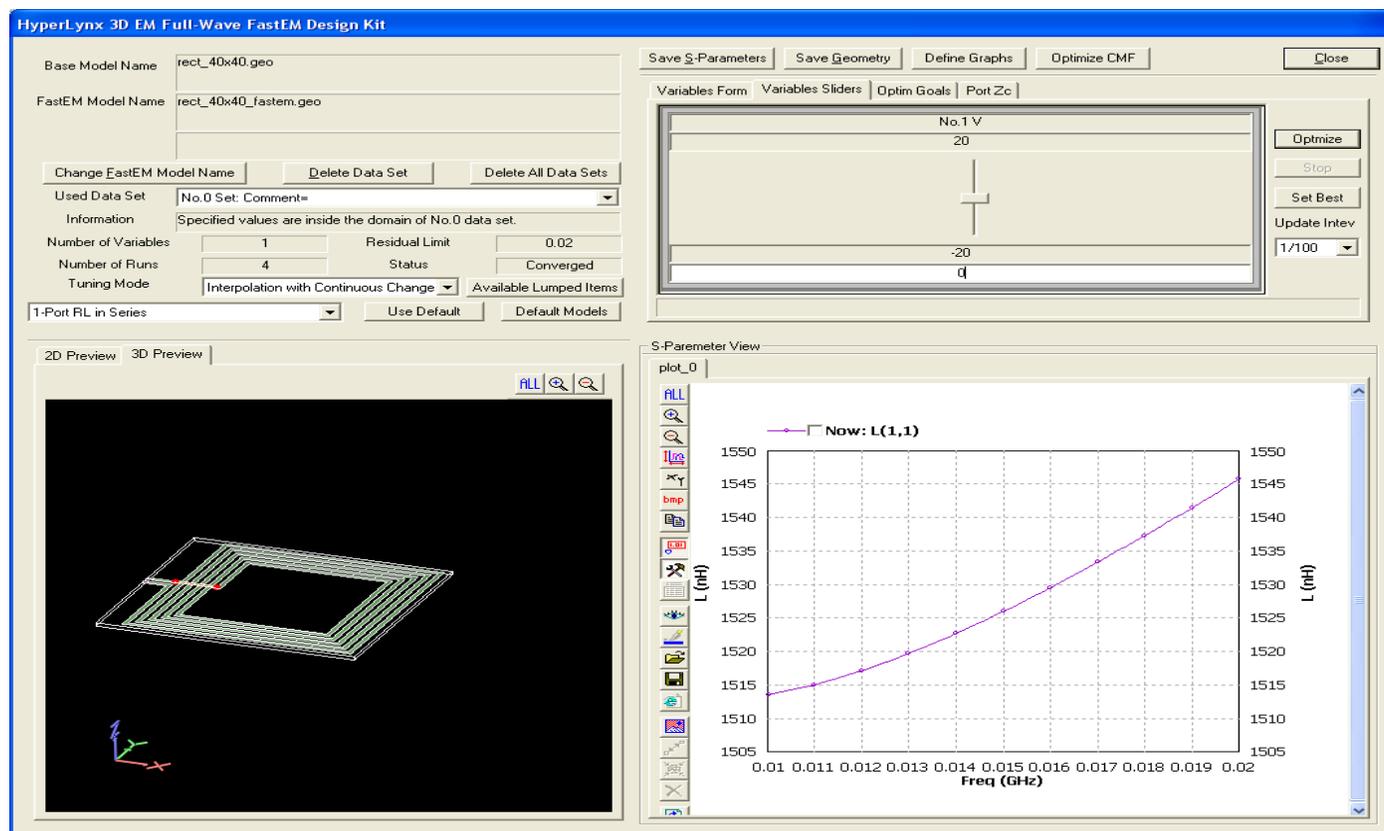
- 匝数 $n=5$
- 线宽及线间距 均为0.8mm
- 总体尺寸 $40 \times 40n$
- 仿真模型

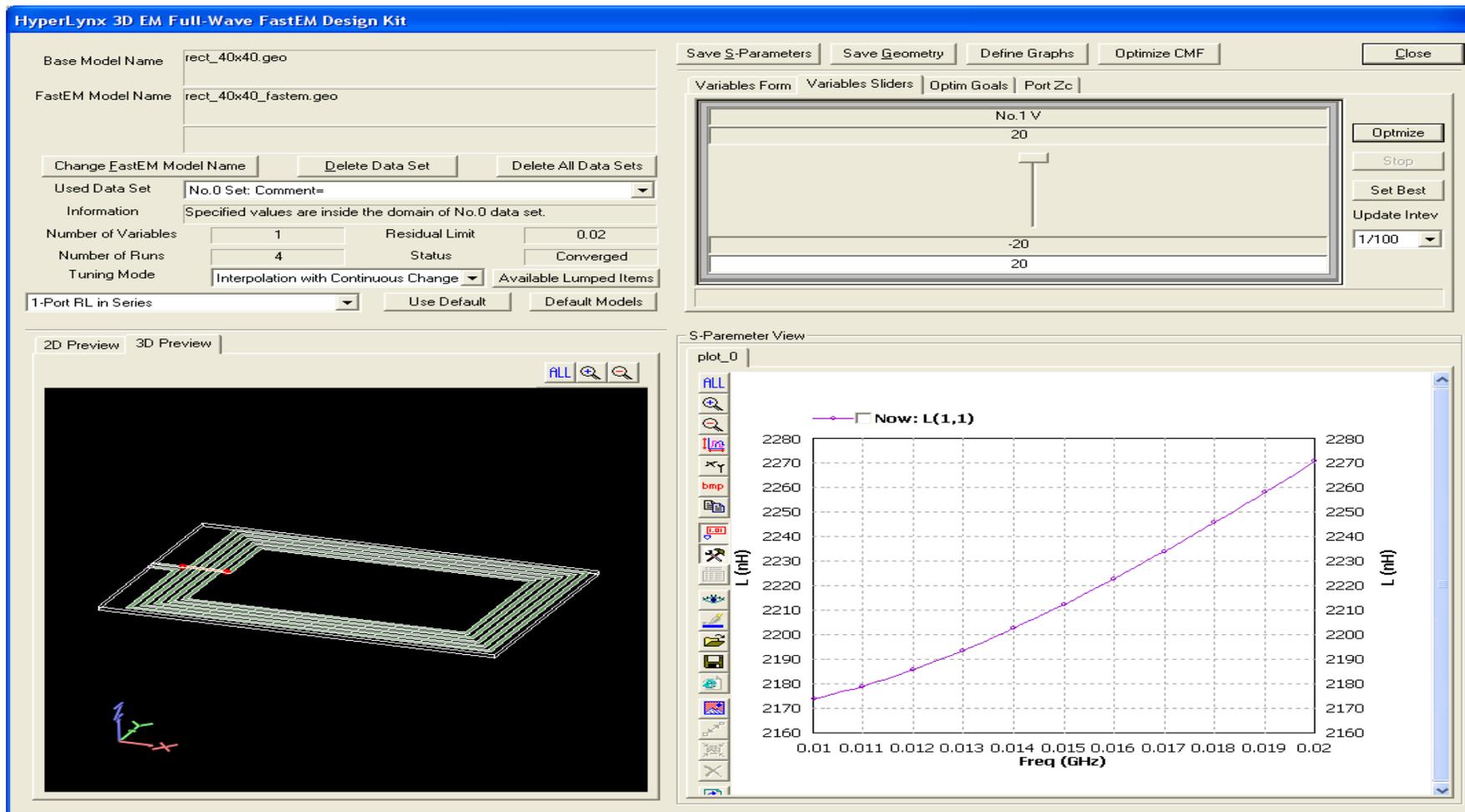


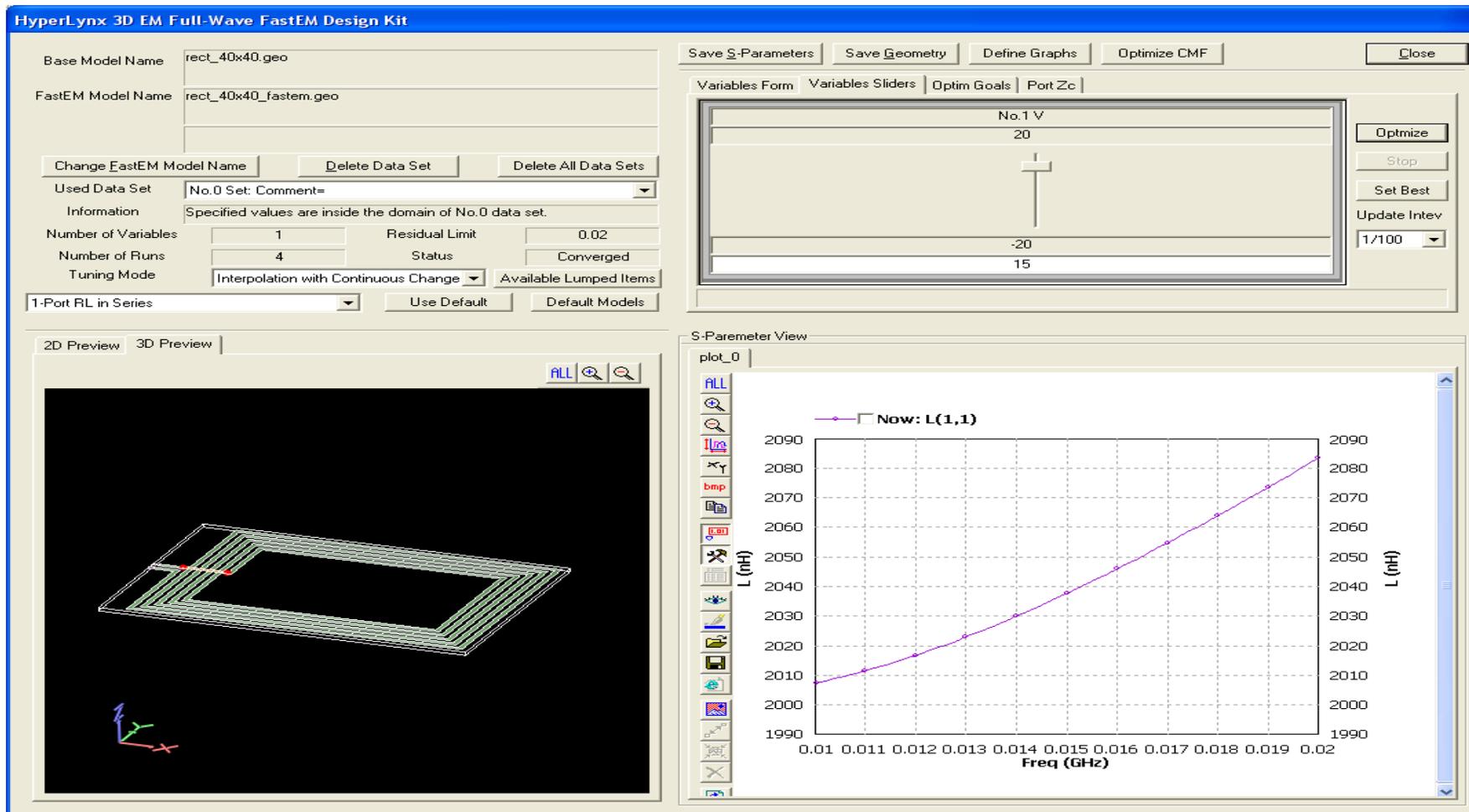
仿真过程

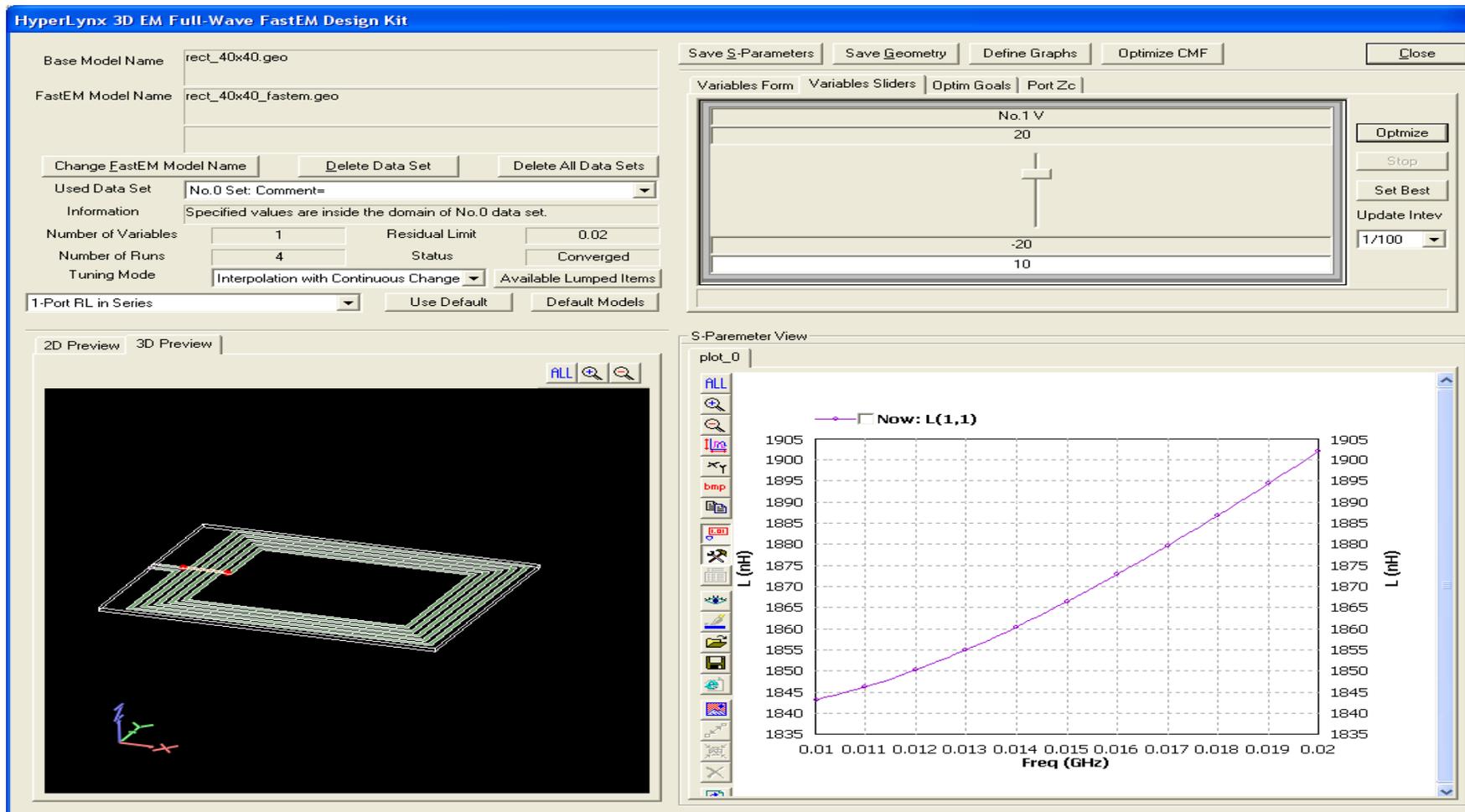
- 调整线圈匝数、线宽及线间距、线圈尺寸
- 结果分析等效RL串联电路中，R、L与频率变化图

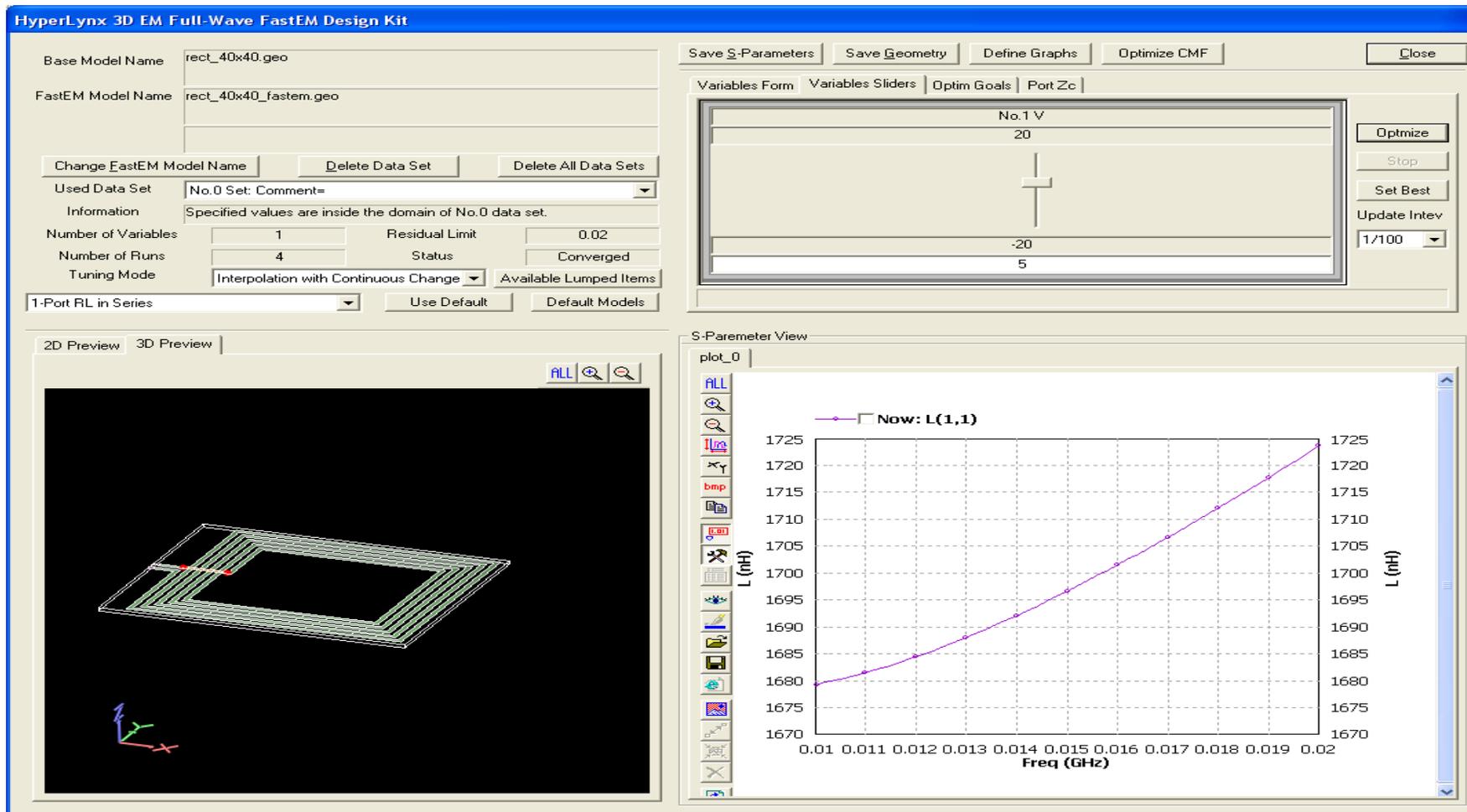
仿真模型及结果

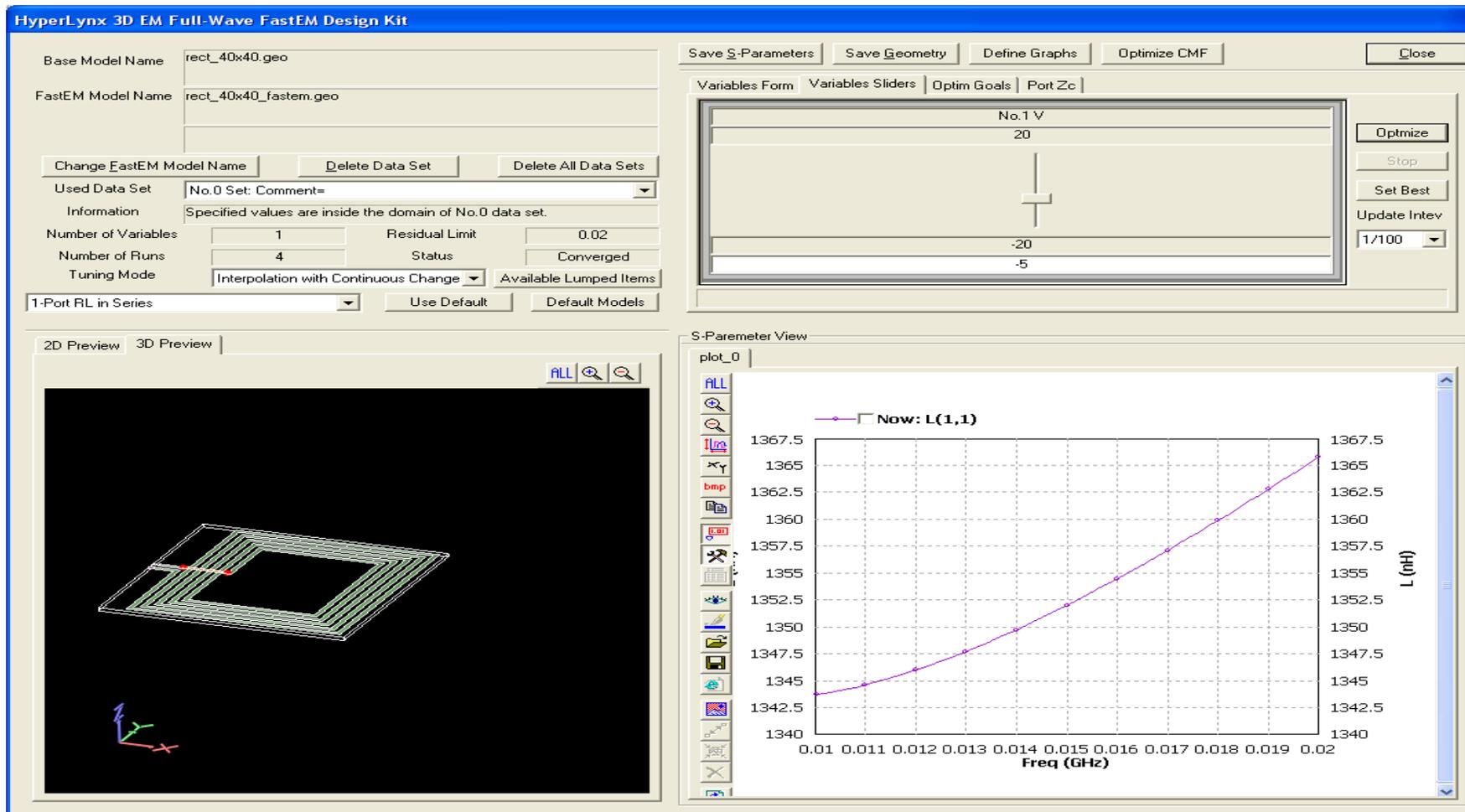


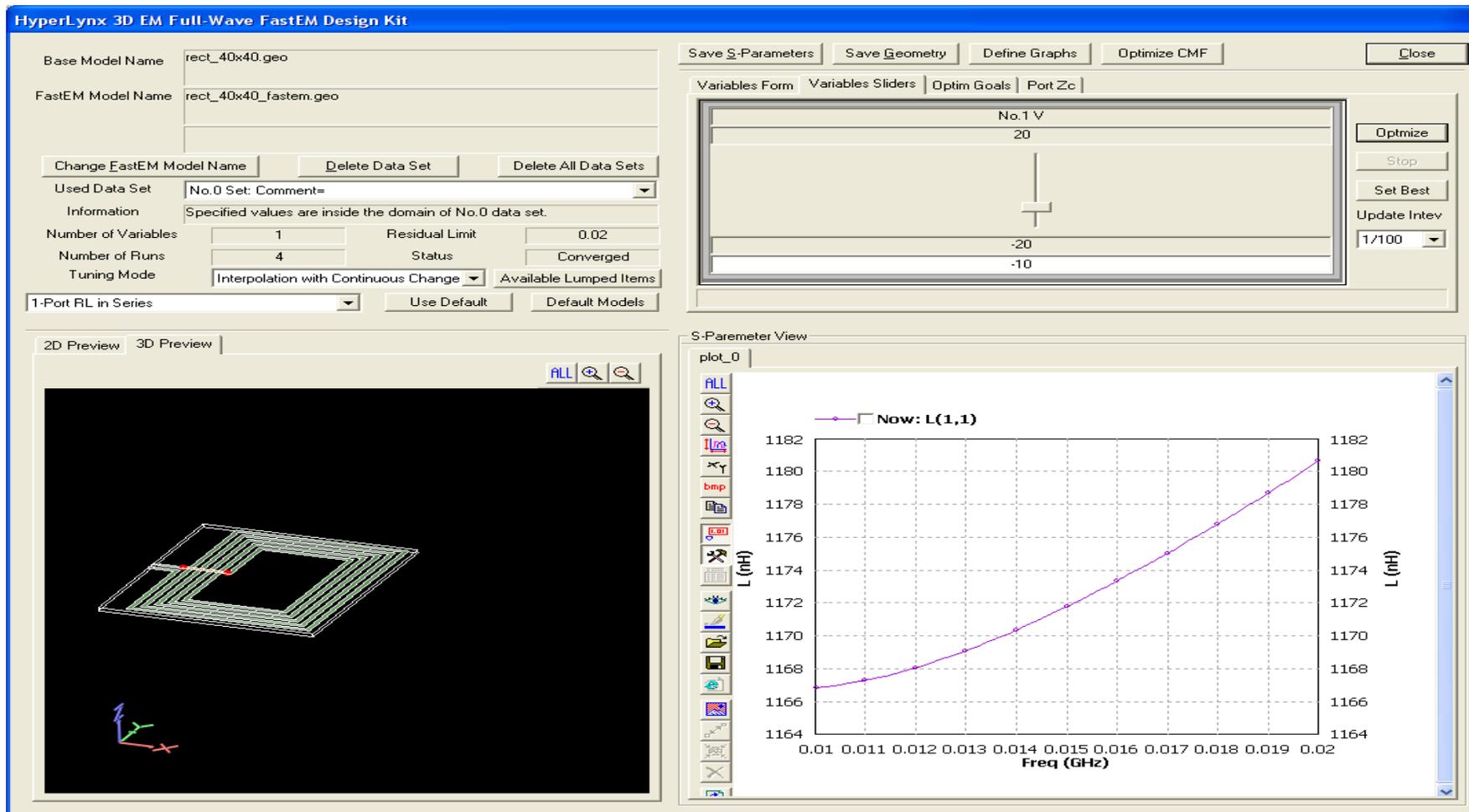


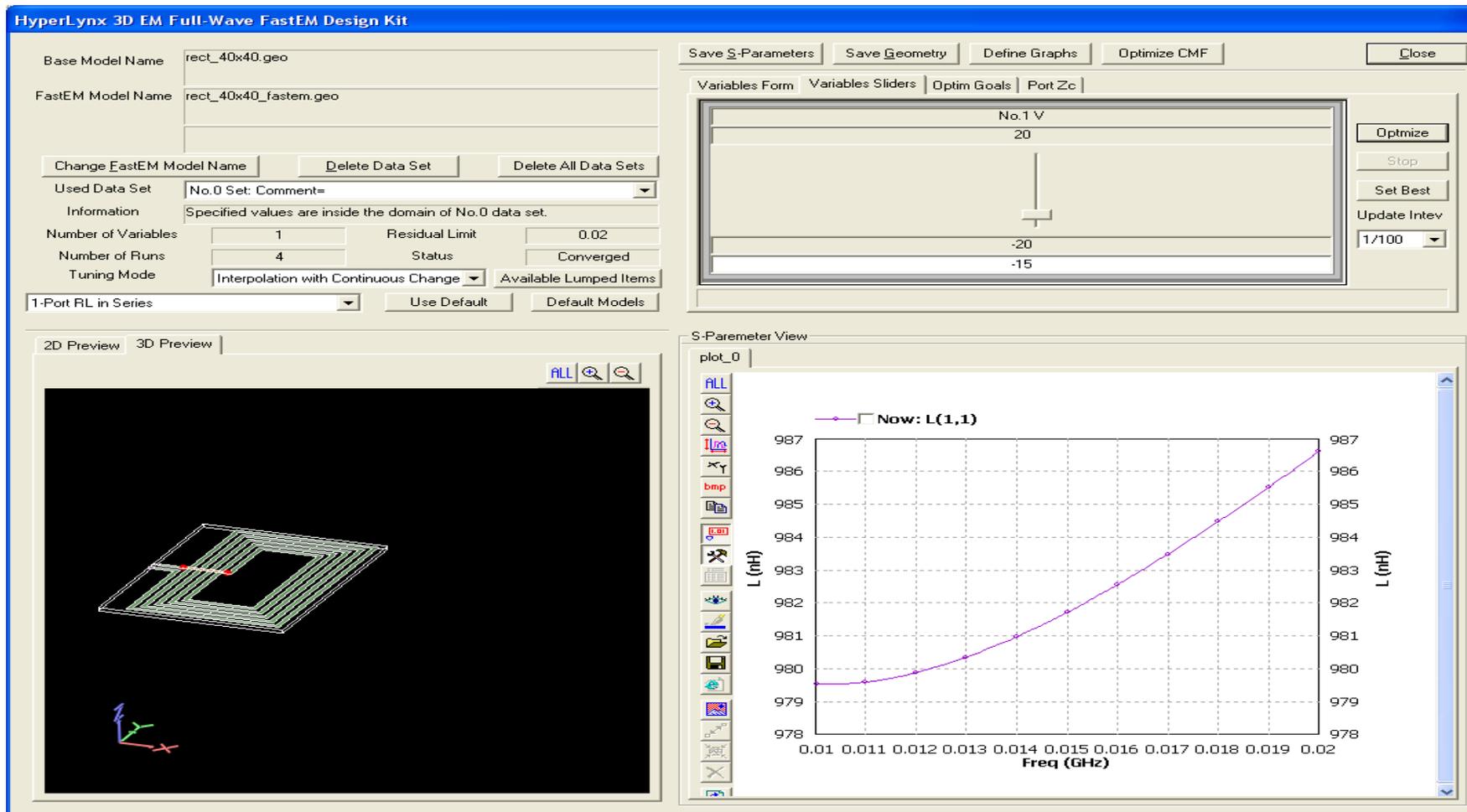






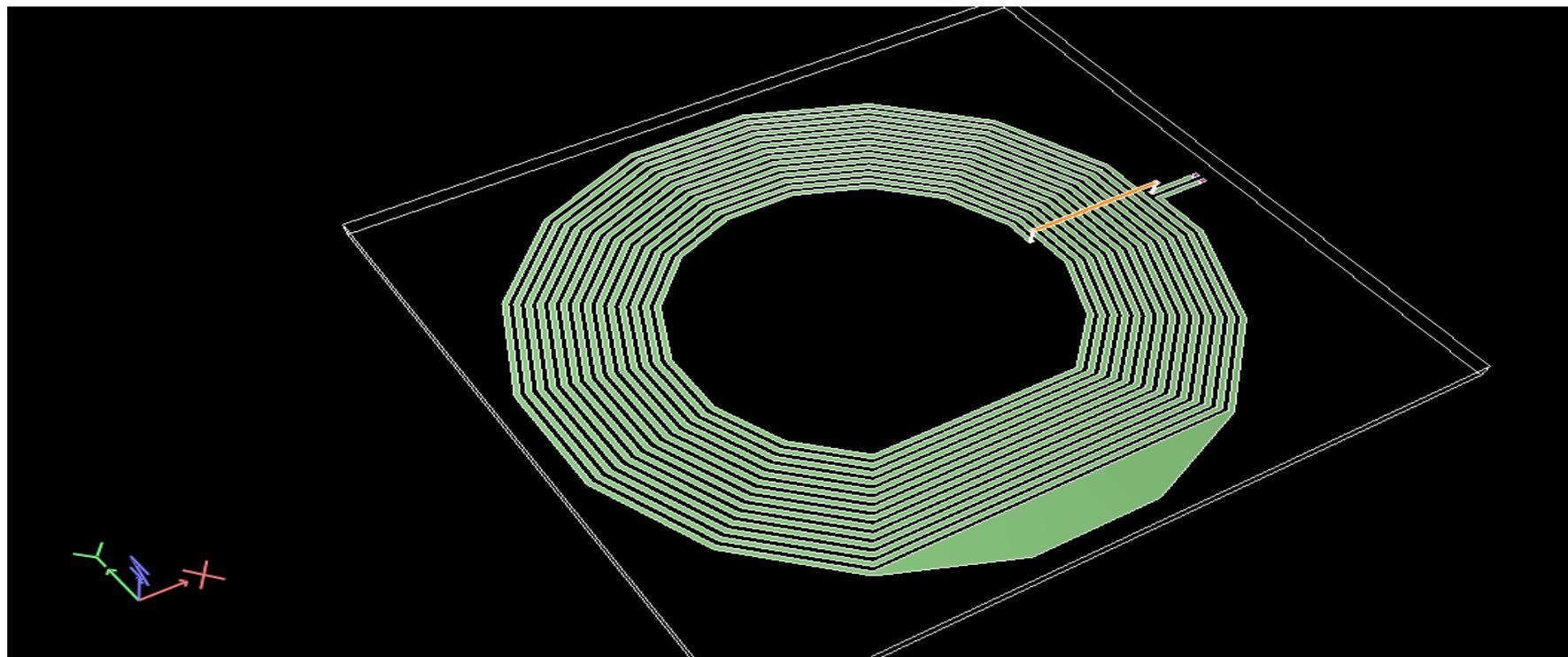




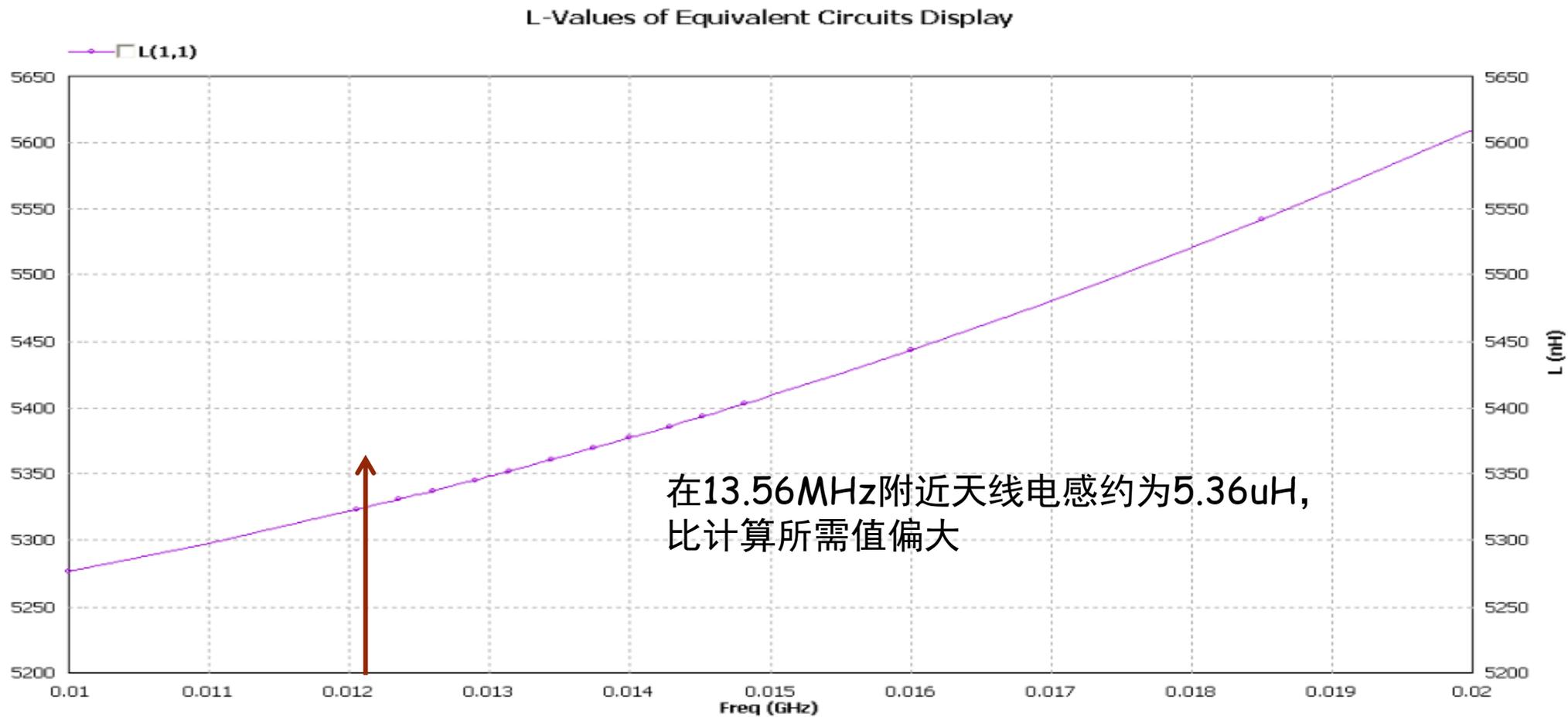




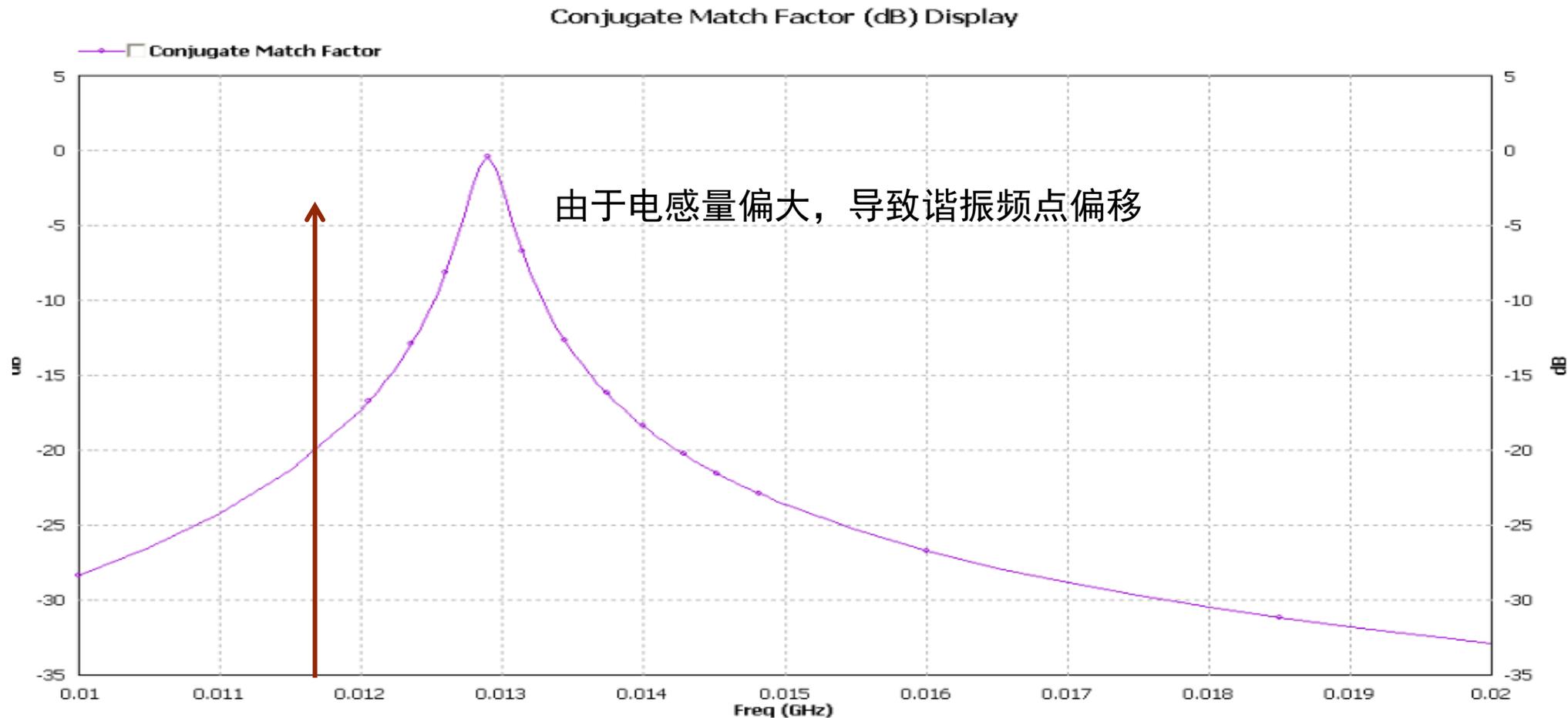
某厂商标签仿真模型



电感量



阻抗匹配





上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

UHF标签天线



几种不同版图、性能各异的UHF标签

天线版图	尺寸大小 (mmxmm)	适用场合
	95x8.15	各种通用场合
	70x14.5	通用, 更适合三英寸的标准标签
	70x14.5	单品级零售、供应链和闭环应用, 堆栈时和在良好电介质表面可靠性好
	70x70	托盘、资产管理, 全向性
	94x38	最远的读写距离, 可达10米

① 标签天线小型化

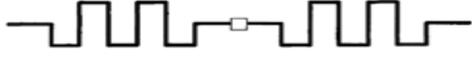
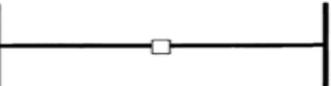
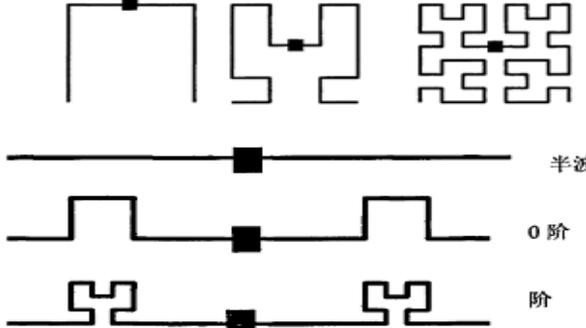
- 简单的半波长偶极子天线的总长度为波长的一半，对于工作频率在860-960MHz频段的UHF标签天线，长度为160mm左右
- 弯折偶极子天线

② 与芯片阻抗匹配

- 横条加载、感性耦合、容性耦合、串联短截线馈电、T型网络匹配等

③ 应用在金属、液体环境标签设计

④ 圆极化标签设计

方法	示意图	与简单偶极子天线相比的性能
弯折线偶极子		带宽减小，阻抗增高，性能有所下降
末端容性加载		辐射方向图与简单偶极子天线相似
分形结构	 <p>半波阵子 0阶 阶</p>	增益和效率不急剧下降

- ① 频率特性
 - 中心频率
 - 带宽
- ② 影响读写距离特性
 - 阻抗匹配
 - 反射系数
 - 方向图
 - 天线增益

① 中心环路

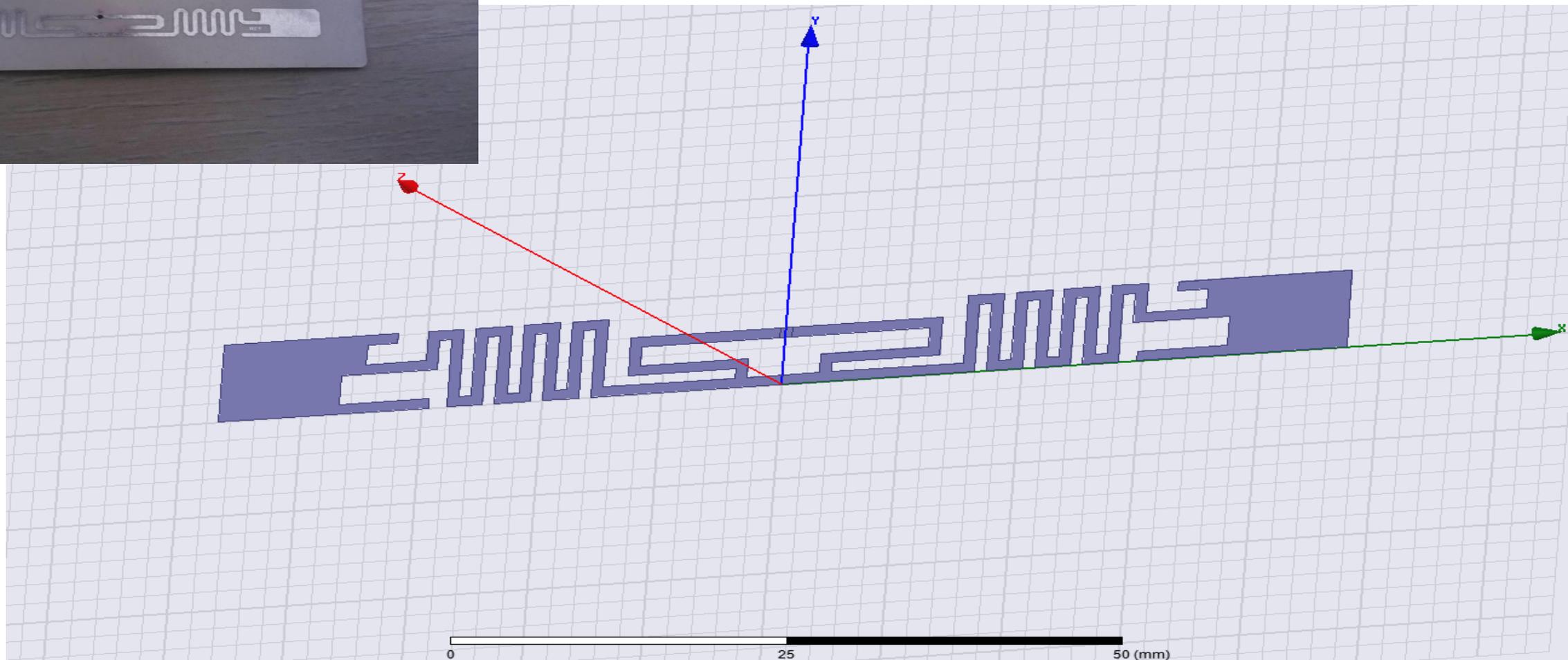
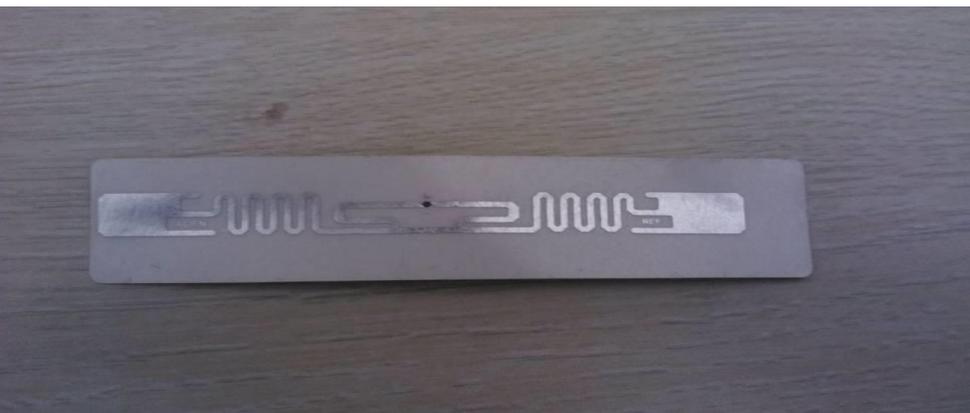
- 形状（矩形为主）长宽、线条粗细、焊接芯片处形状

② 线形辐射面

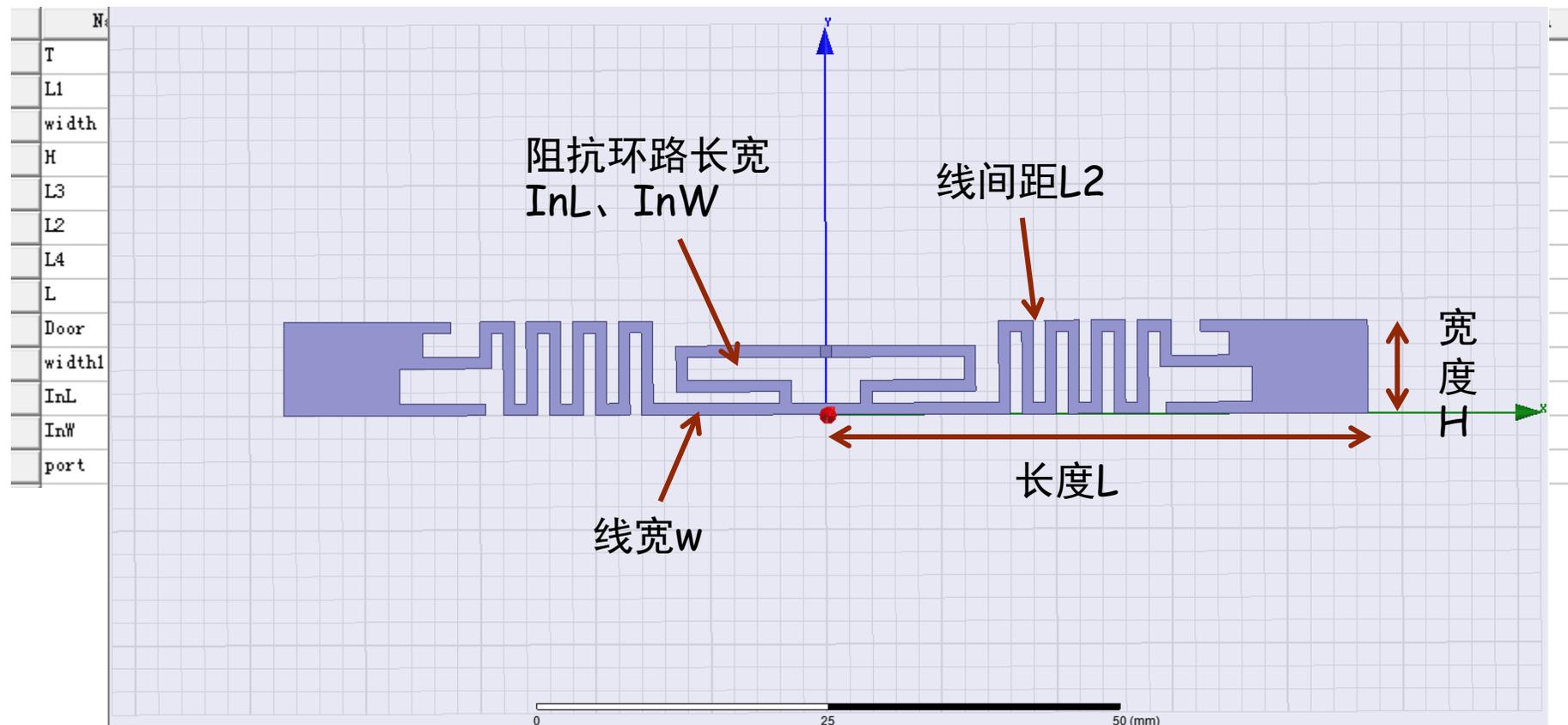
- 总长度、线条粗细、弯折次数、弯折处长度、弯折弧度

③ 面状辐射面

- 形状、大小、边角处弧度

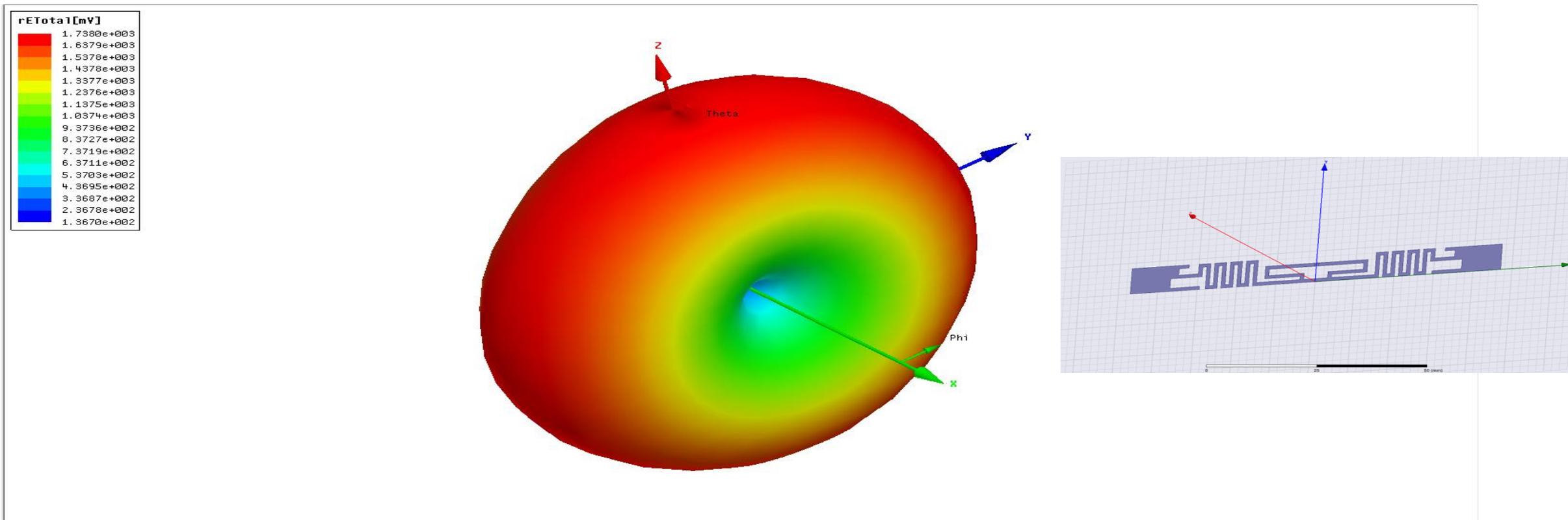


参数设置

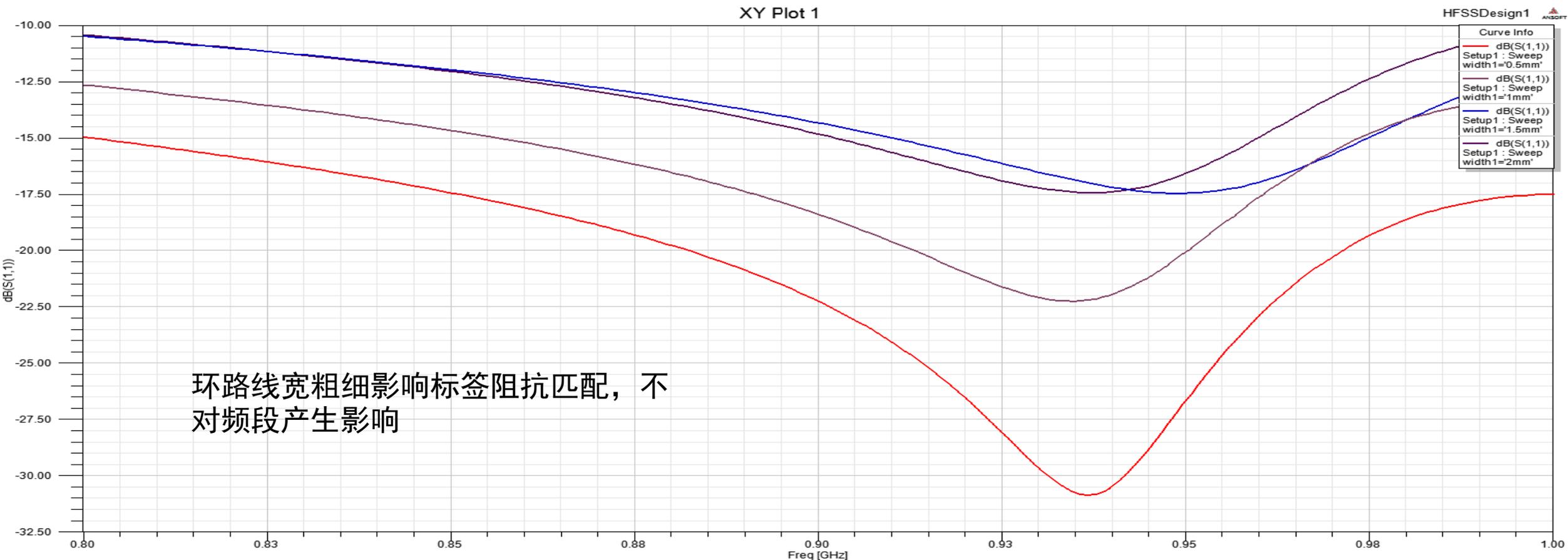


- ① 仿真实验过程
 - 调整几个关键参数
 - 中心环路线宽，外围矩形形状等
 - 分析标签在频段500MHz——1.5GHz阻抗以及频率特性变化情况

方向图特性

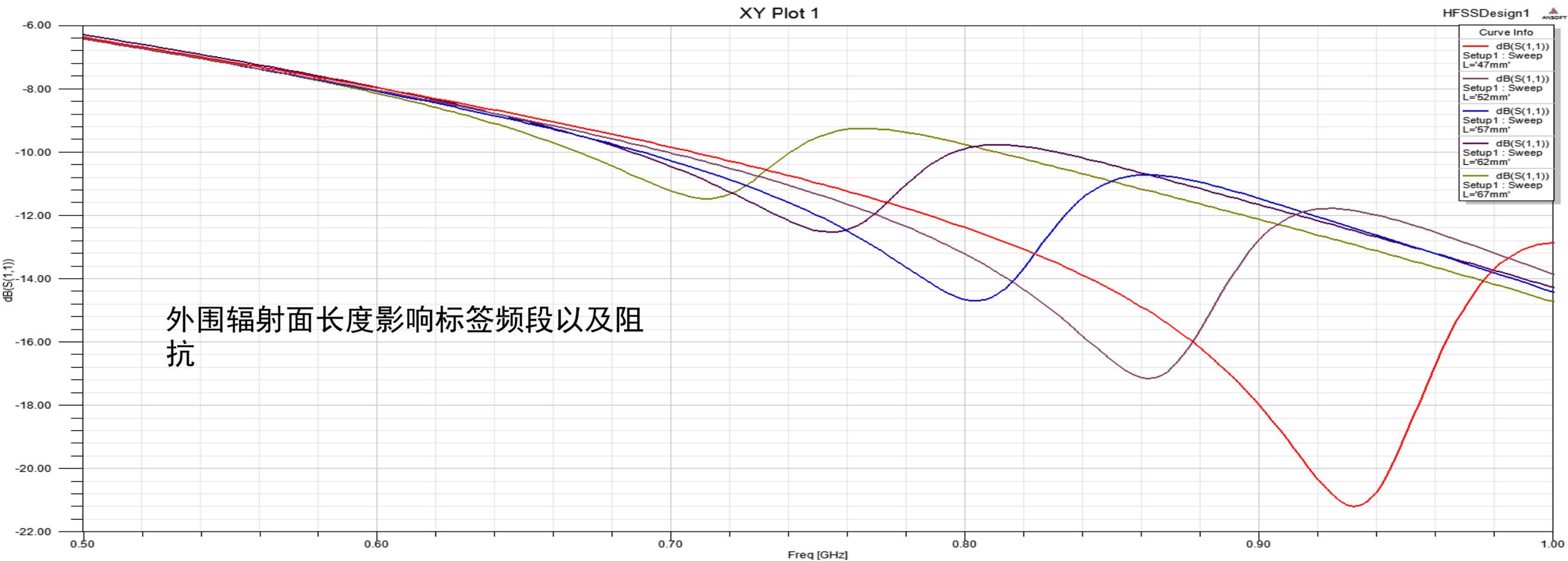


中心环路线宽对频段特性影响

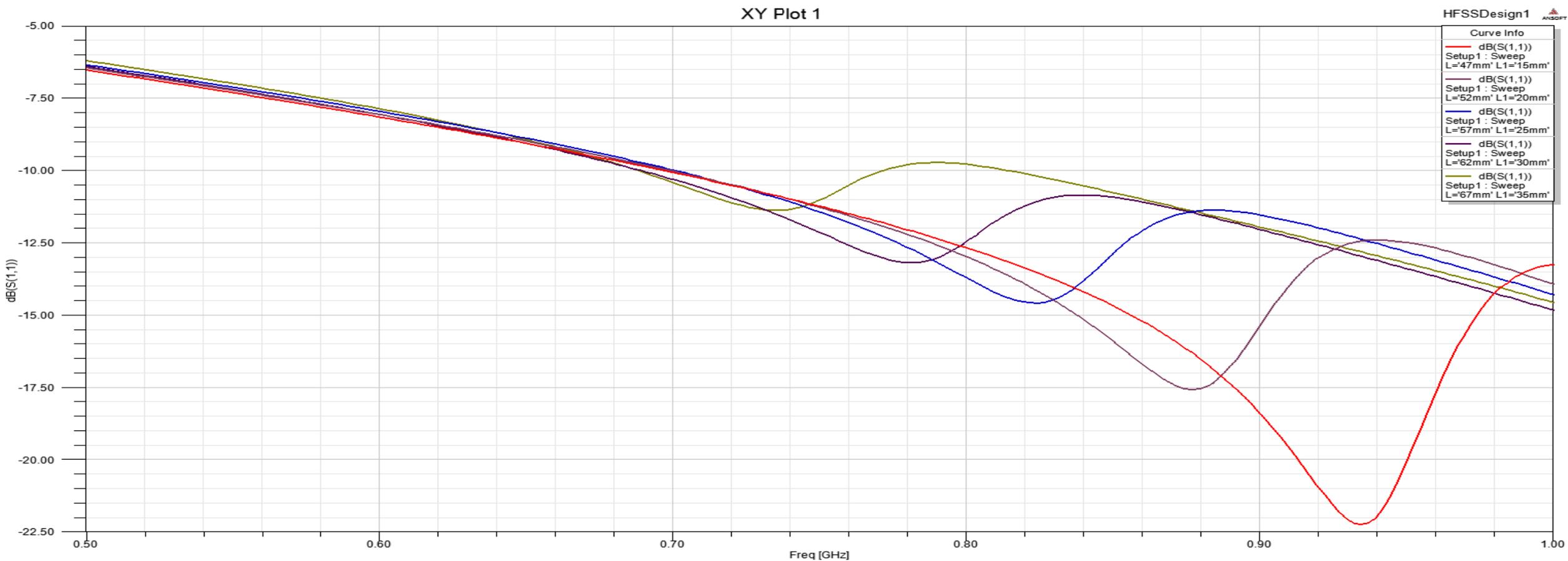


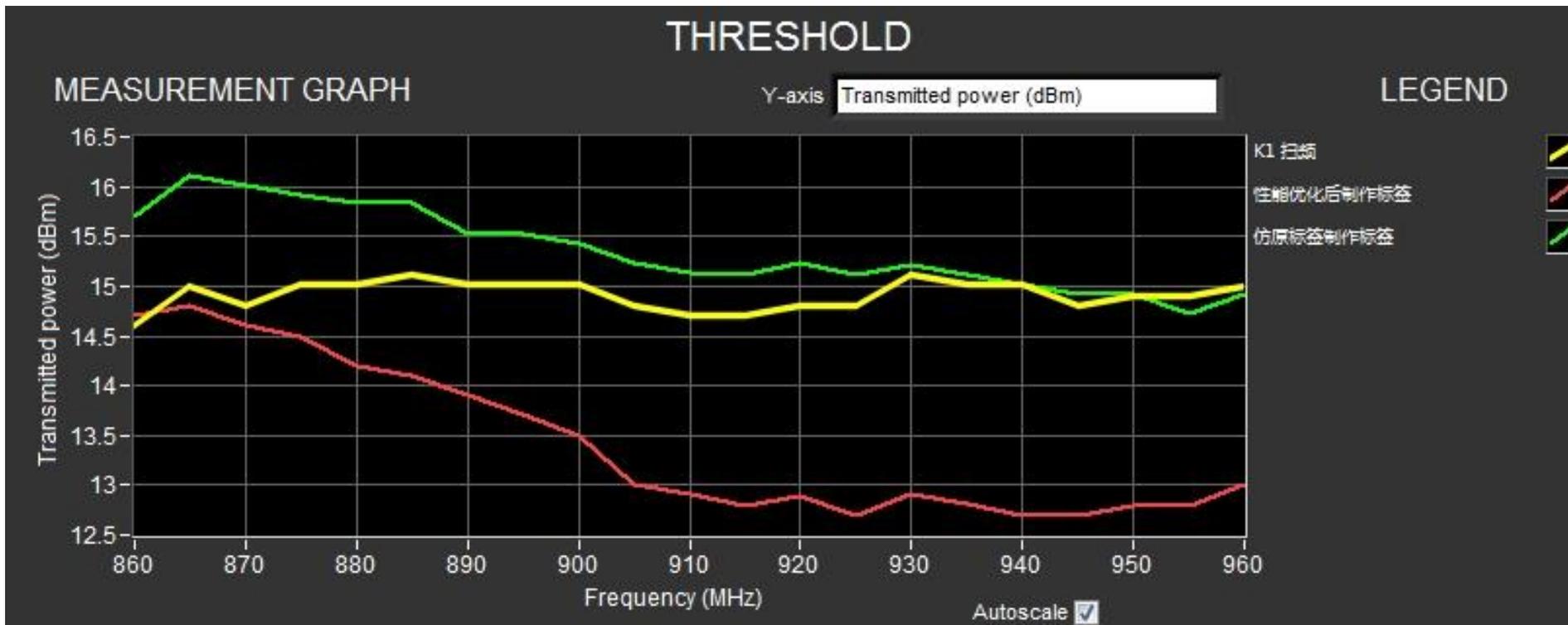
环路线宽粗细影响标签阻抗匹配，不对频段产生影响

外围矩形长度对频段特性影响

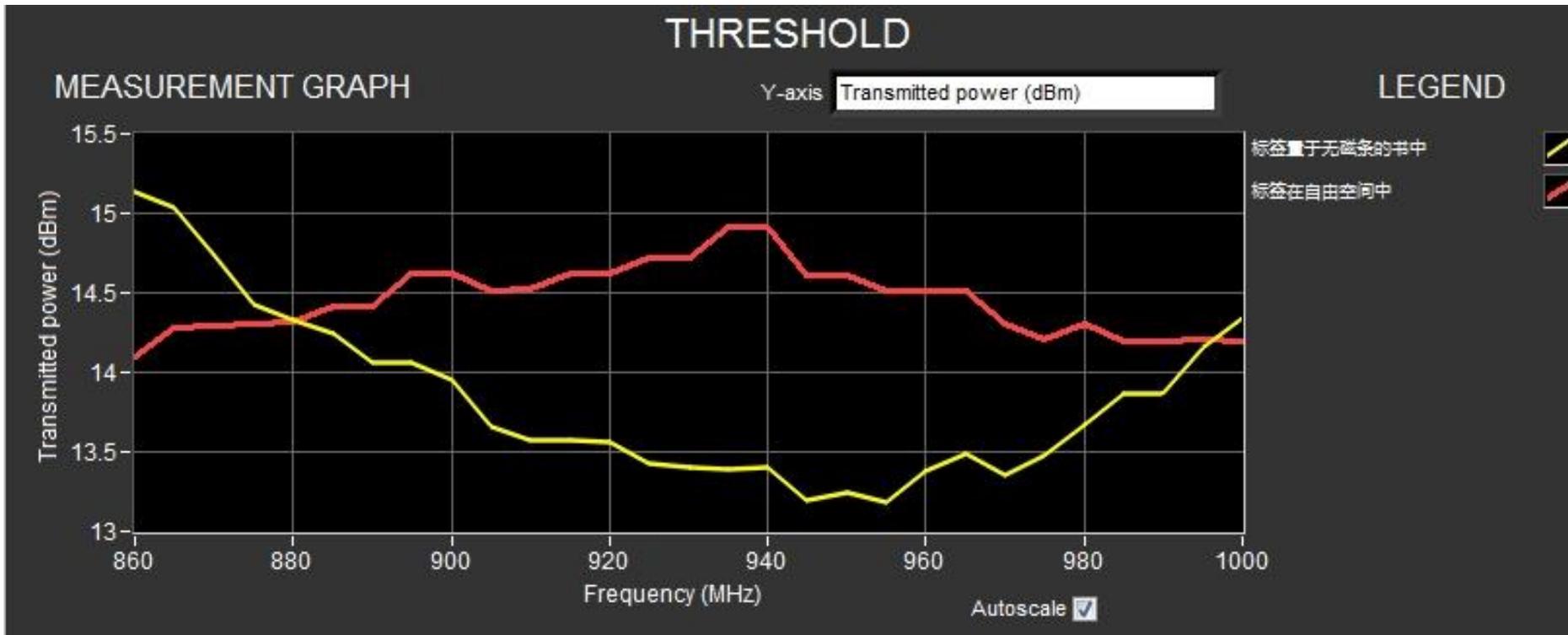


总体标签长度对频段特性影响

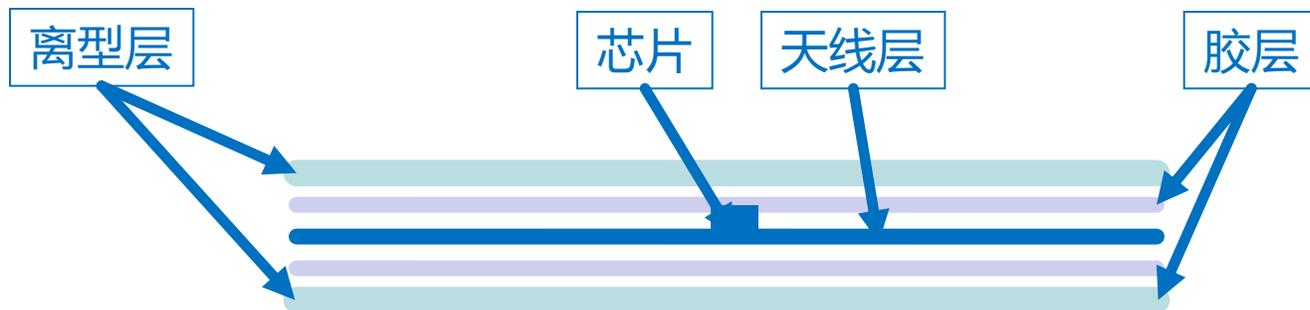




通过标签设计与仿真环境，设计出新的标签，其性能得到优化，这是进行RFID标签性能测试的意义所在



测试结果：图书标签在书中的性能优于在自由空间性能



图书标签的复合

- 标签两面都有胶水
- 标签芯片向内复合，受保护
- 标签两边带拉手便于安装

• 复合后对天线性能有影响吗？



RFID标签应用工程

- 标签天线设计
- 标签粘贴位置优化

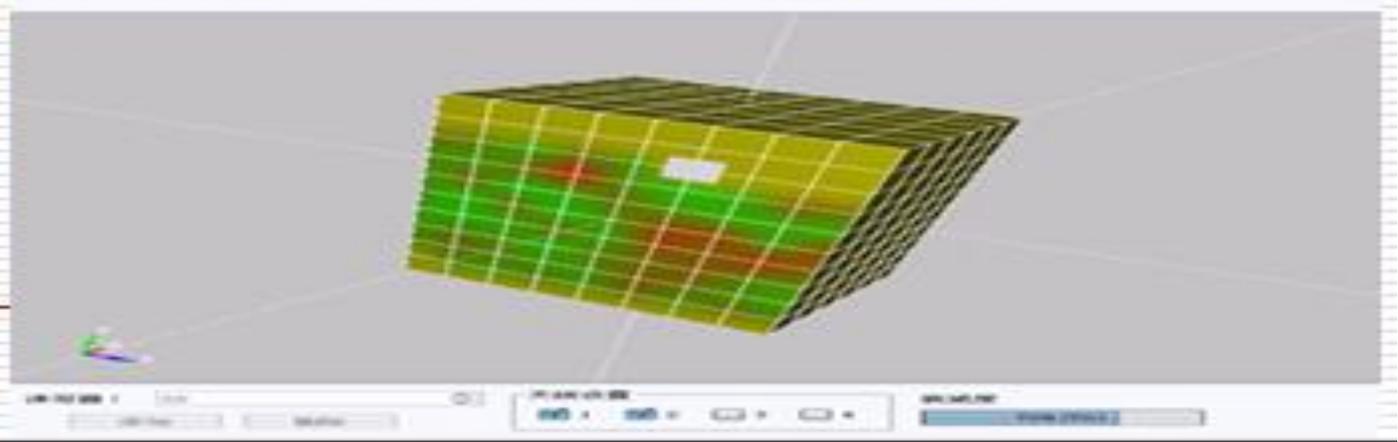
RFID读写器应用工程

- 读写器参数设置
- 读写器模式与应用情境的匹配
- 读写器空间部署优化

RFID应用解决方案测试

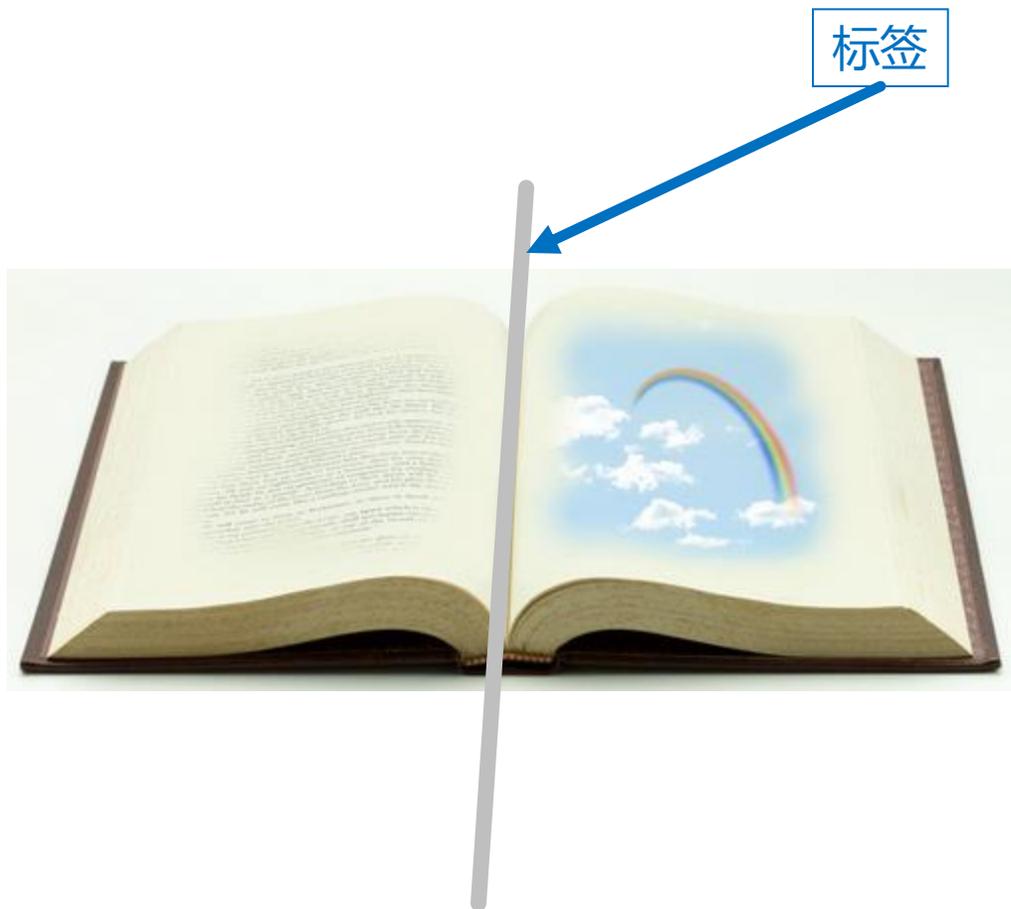


标签: 1234 5678 9012 3456 7890 1234 (70% | 70)





RFID应用工程研究 标签粘贴位置研究



标签粘贴位置研究

- 粘贴在第几页最合适？
- 粘贴到离磁条页第几页最合适？
- 粘贴位置和图书的关系？
- 粘贴位置和图书摆放的关系？
-

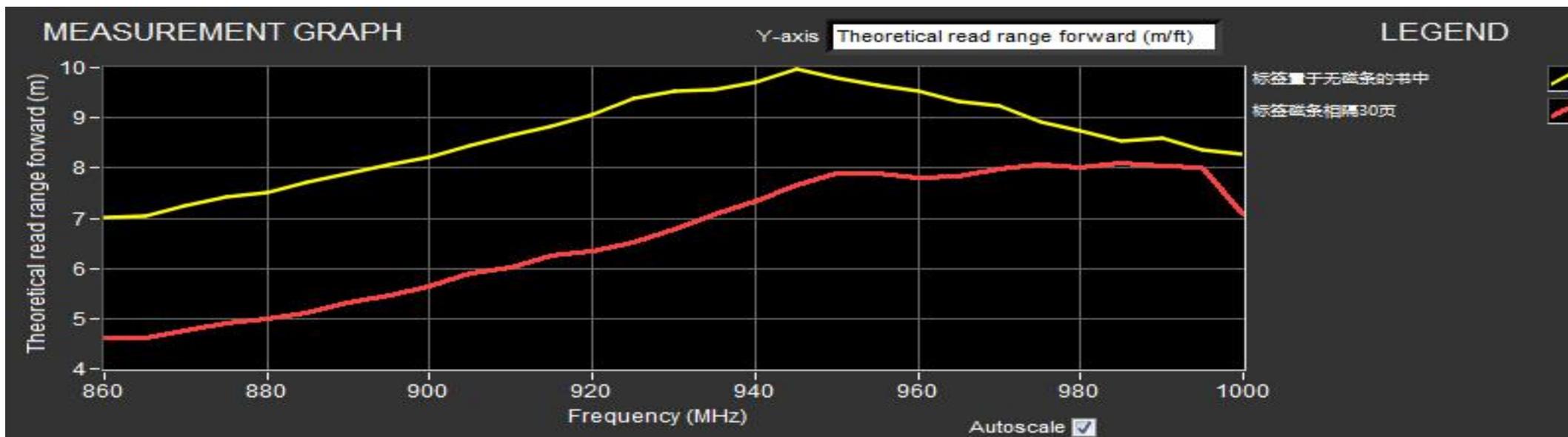


④ 磁条对标签性能的影响

- 分别将标签置于无磁条的书中和有磁条的书（与磁条间距30页），测试标签性能（频率特性、读取距离、最小开启功率）

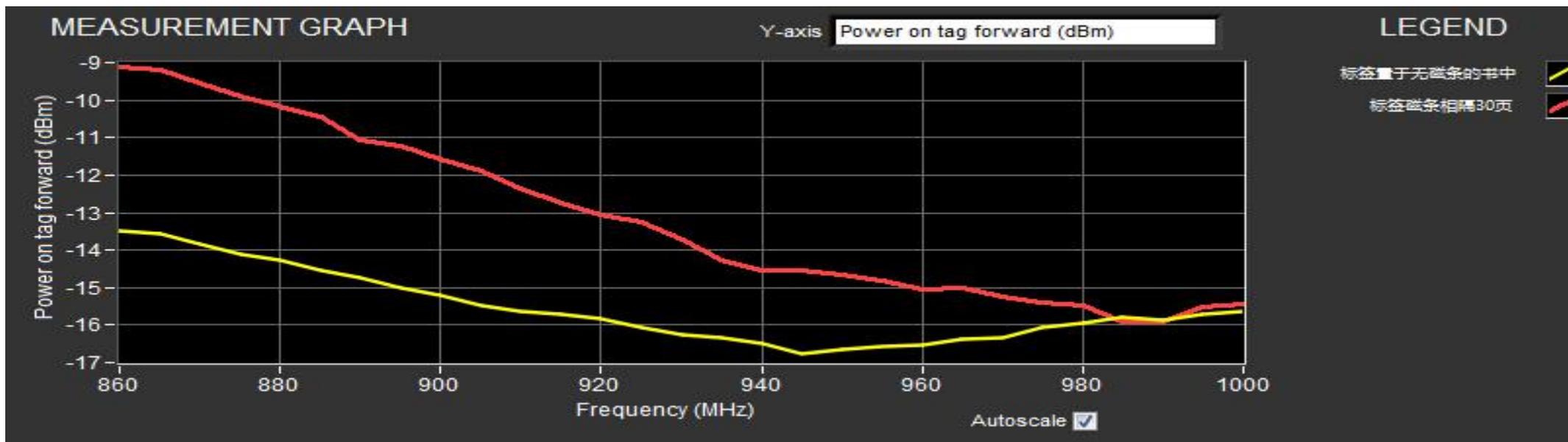


读取距离





最小开启功率





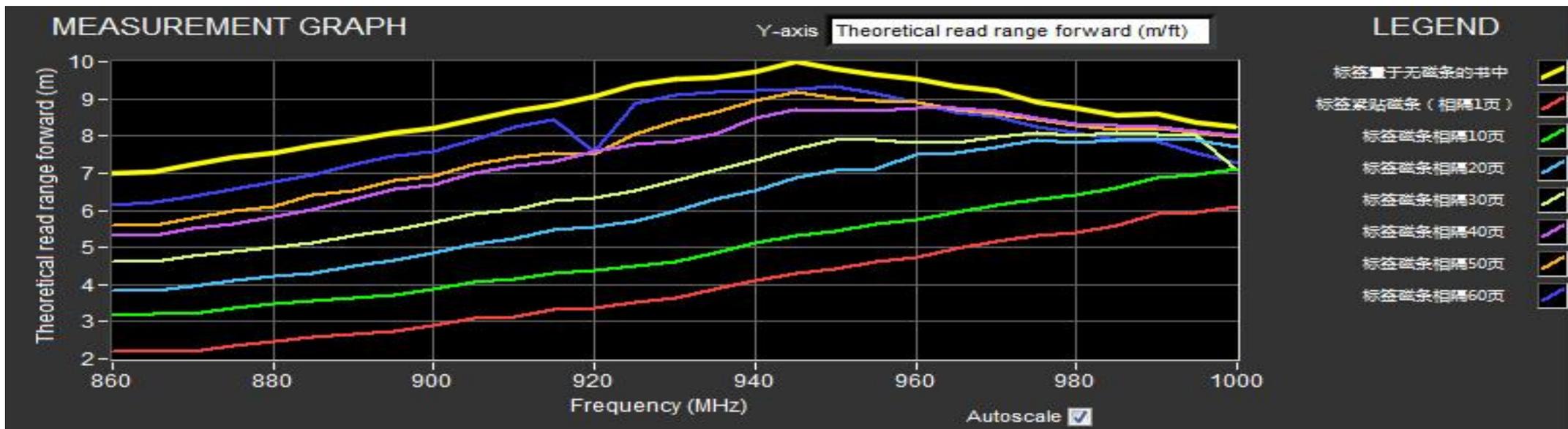
- ① 从实验中可以看到磁条会降低标签读取性能
 - 磁条会降低标签的读取距离、增大标签最小开启功率
 - 磁条会使标签的中心频率增大，无磁条时标签的中心频率在920MHz~960MHz，而有磁条时，标签中心频率会增大至980MHz



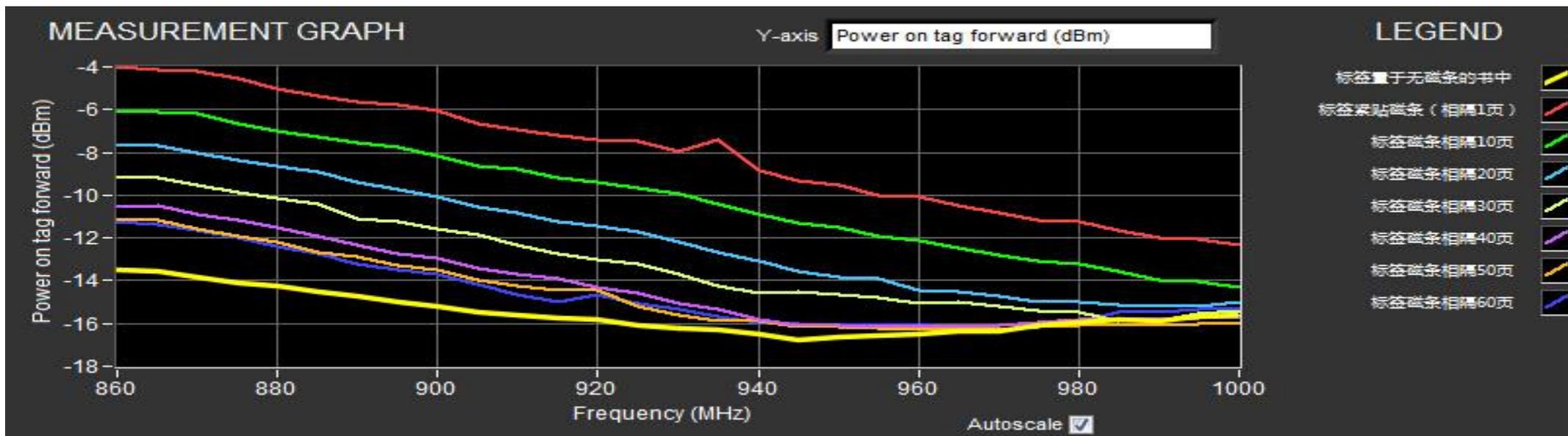
- ④ 磁条与标签间距（页数）对标签性能的影响
 - 实验设计：将标签分别与磁条间距（1页、10页、20页、30页、40页、50页、60页）放与书中，测试标签性能（频率特性、读取距离、最小开启功率）



标签读取距离



标签最小开启功率





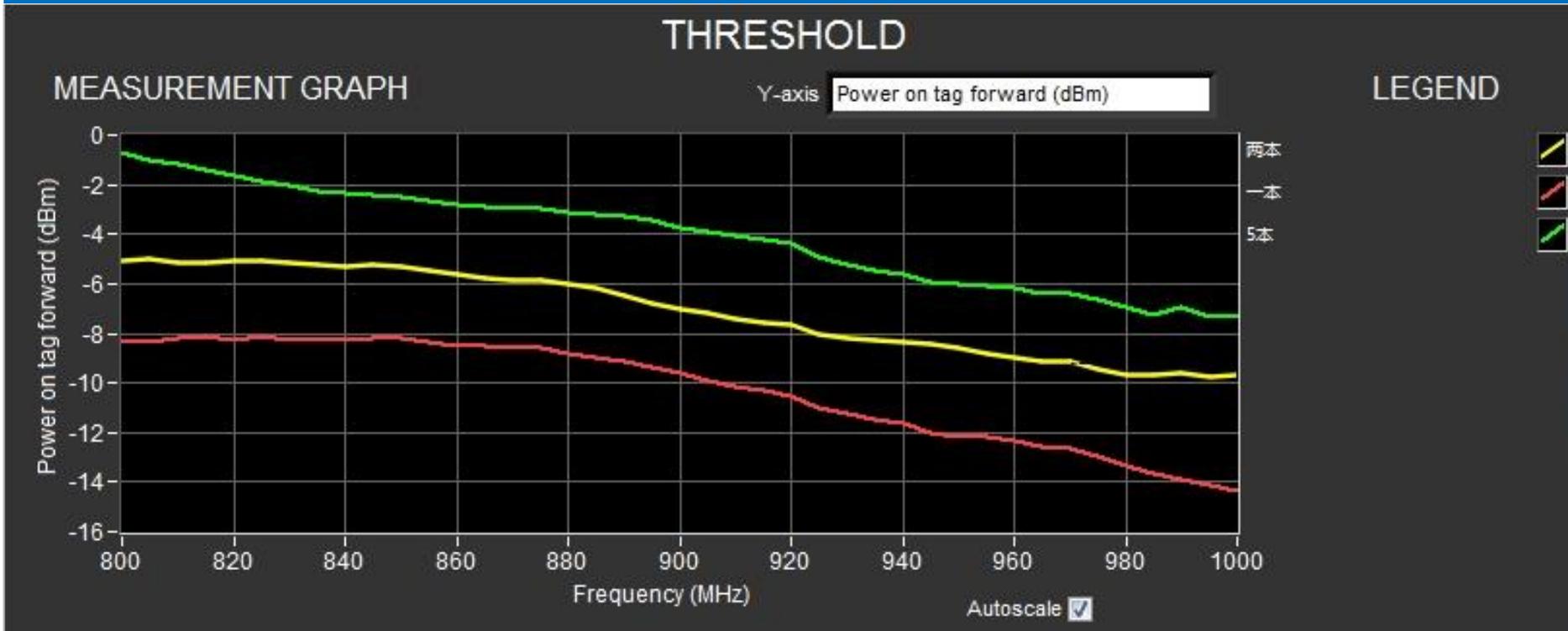
- ① 从本组实验中可以看到磁条与标签间距对标签性能有很大的影响
 - 磁条与标签紧贴时标签的性能最差
 - 磁条与标签的间距逐渐变大（10页、20页、30页），标签性能也随之提高
 - 磁条与标签间距超过40页时，再增大与标签的间距，标签性能变化不大，趋于稳定
 - 磁条与标签间距逐渐变小，会导致标签的中心频率增大（右移），当磁条与标签间距超过40页时，标签的中心频率接近无磁条时的中心频率



书的数量对标签性能的影响

标签最小响应功率

书的数量对标签性能的影响（每本书里都有标签和磁条，测其中一个标签的性能），标签的性能随着书数量的增加而下降

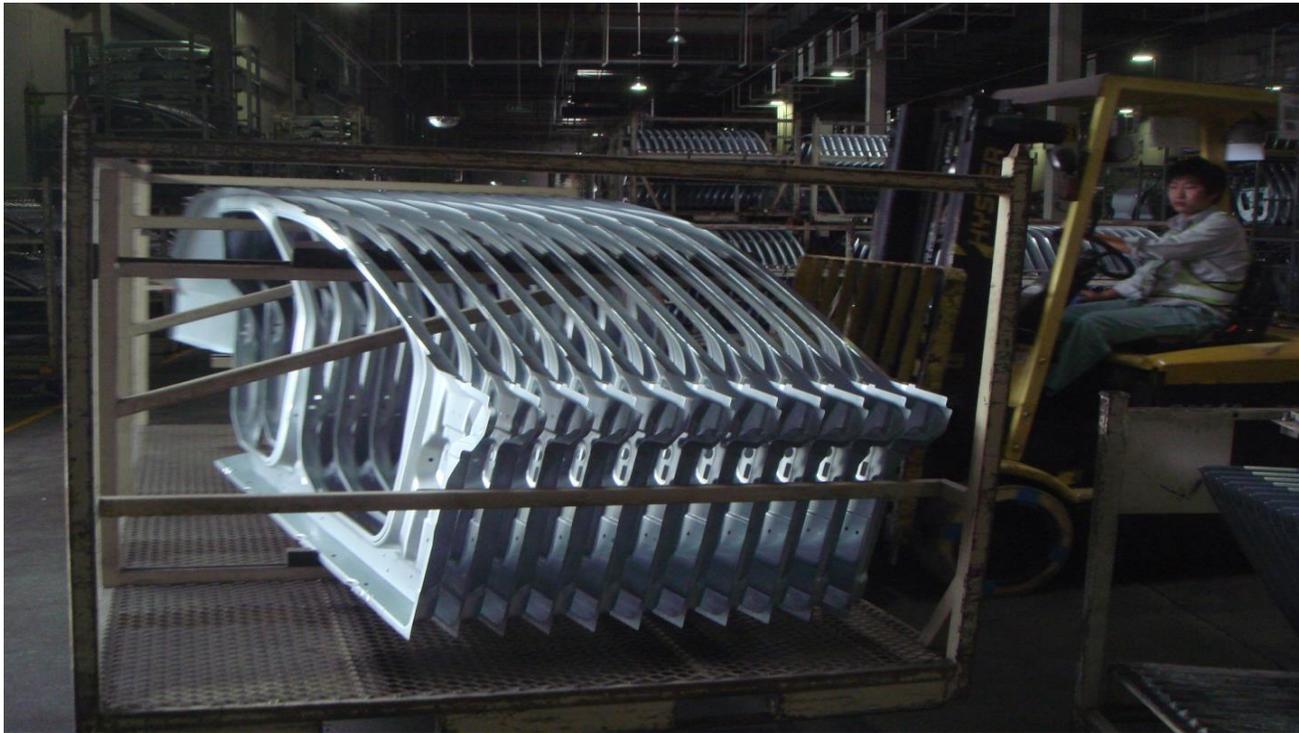




- ④ **RFID标签应用工程**
 - 标签天线设计
 - 标签粘贴位置优化
- ④ **RFID读写器应用工程**
 - 读写器参数设置
 - 读写器模式与应用情境的匹配
 - 读写器空间部署优化
- ④ **RFID应用解决方案测试**



某制造企业RFID出入库实施的困难





通过对误读到的**仓库中静止的、非RFID门禁读取区域**的容器电子标签参数和叉车运输的通过RFID门禁读取区域的容器电子标签进行分析比较，发现有以下区别：

- 通过使用Alien读写器提供的RFID标签速度值能够基本区分静止的容器和运动的容器
 - ✓（但不能完全依赖，多径效应会让一些静止的标签产生错误的速度参量）
- 电子标签的返回信号强度有区别
 - ✓基本上读取区域内的电子标签大、读取区域外的小（但不能完全依赖，有特例）
- 读取次数
 - ✓在传感器触发的读取窗口内，读写器读到的所有的电子标签的读取次数都不相同。从统计结果来看，运输经过读取窗口的容器标签被读取的次数比其他标签的次数要多（但不完全正确）

- 采用多参量复合过滤的方法，即只有存在速度在一定阈值以上，同时 **RSSI** 值在一定阈值以上，在完成以上过滤以后读取次数仍然在一定次数以上的电子标签才算是叉车运输进出仓库的容器上的电子标签。



RFID标签应用工程 录

- 标签天线设计
- 标签粘贴位置优化

RFID读写器应用工程

- 读写器参数设置
- 读写器模式与应用情境的匹配
- 读写器空间部署优化

RFID应用解决方案测试

C1G2协议的灵活性

- ① 在不同的应用情境下，协议可供选择采用更高的数据传输速率（追求性能）还是更好的抗干扰性（确保可靠读取）
 - 在射频不友好的环境中（如密集标签，多读写器，电磁和介质干扰），应使用密集读写器模式（DRM）
 - 在射频环境友好的情况下，可以使用高速模式(HS)

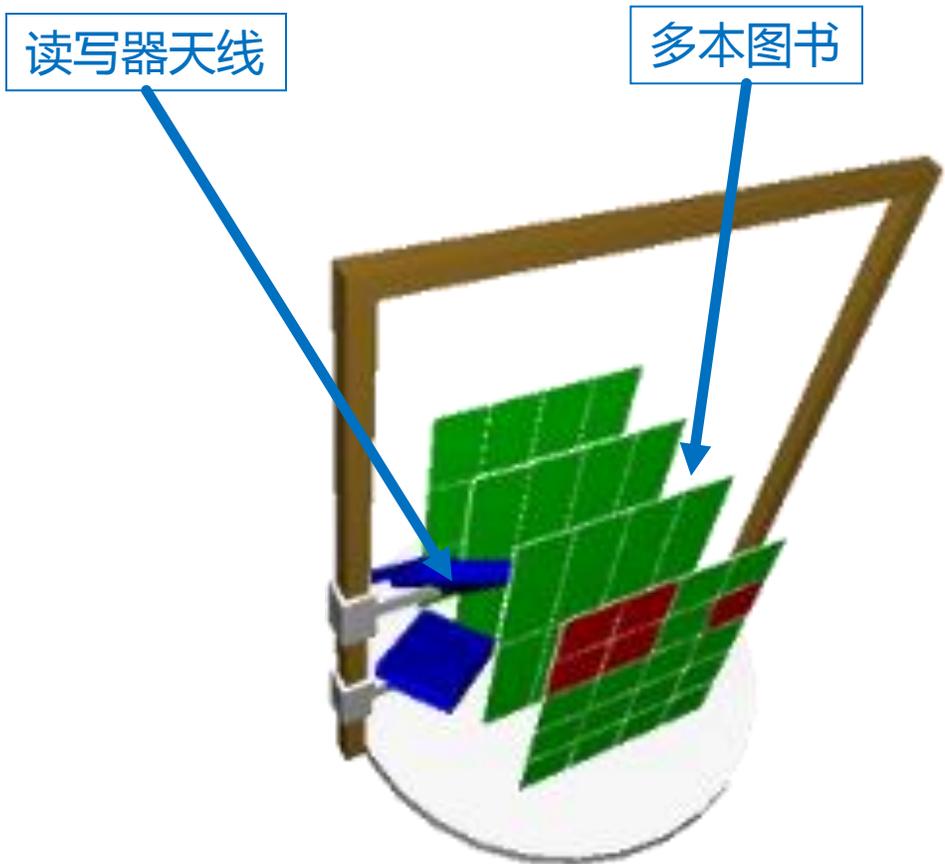
应该选择何种读写器模式?

- 在工作环境恶劣的情况下，应选择较慢的读写器模式
- 但是C1G2协议并没有告诉我们，在给定应用情境下（如某种标签密集程度和某个标签运动速度的组合），应该选择何种读写器模式，才能最优化RFID系统性能

标签密集程度	读写器模式	标签运动速度
密集 (10个标签, 间距 1cm)	DRM	高速 (2.5m/s)
	STD	中速 (1.5m/s)
松散 (10个标签, 间距 4cm)	HS	低速 (0.5m/s)



- ④ **RFID标签应用工程**
 - 标签天线设计
 - 标签粘贴位置优化
- ④ **RFID读写器应用工程**
 - 读写器参数设置
 - 读写器模式与应用情境的匹配
 - 读写器空间部署优化
- ④ **RFID应用解决方案测试**



读写设备参数配置与天线部署

- 读写器选型是否合理？
- 天线选型是否合理？
- 天线部署位置和角度是否合理？
- 读写器识读范围是否合理？
- 与读写器有关的应用系统机算法是否合理？
-



RFID标签应用工程

- 标签天线设计
- 标签粘贴位置优化
- 传感标签设计

RFID读写器应用工程

- 读写器参数设置
- 读写器模式与应用情境的匹配
- 读写器空间部署优化

RFID应用解决方案测试







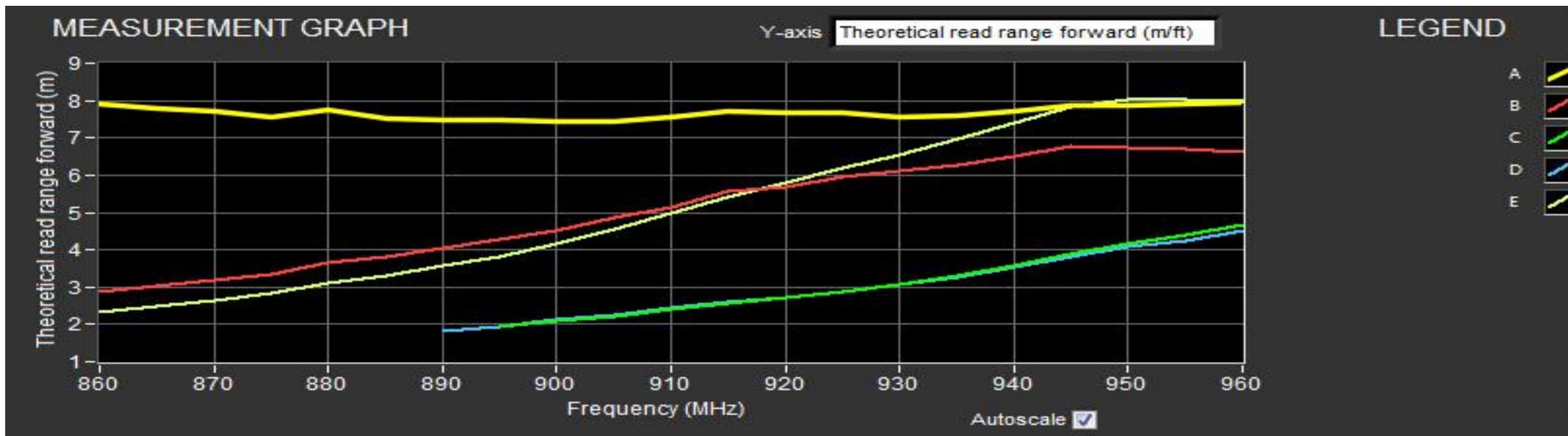
上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

图书标签对比测试



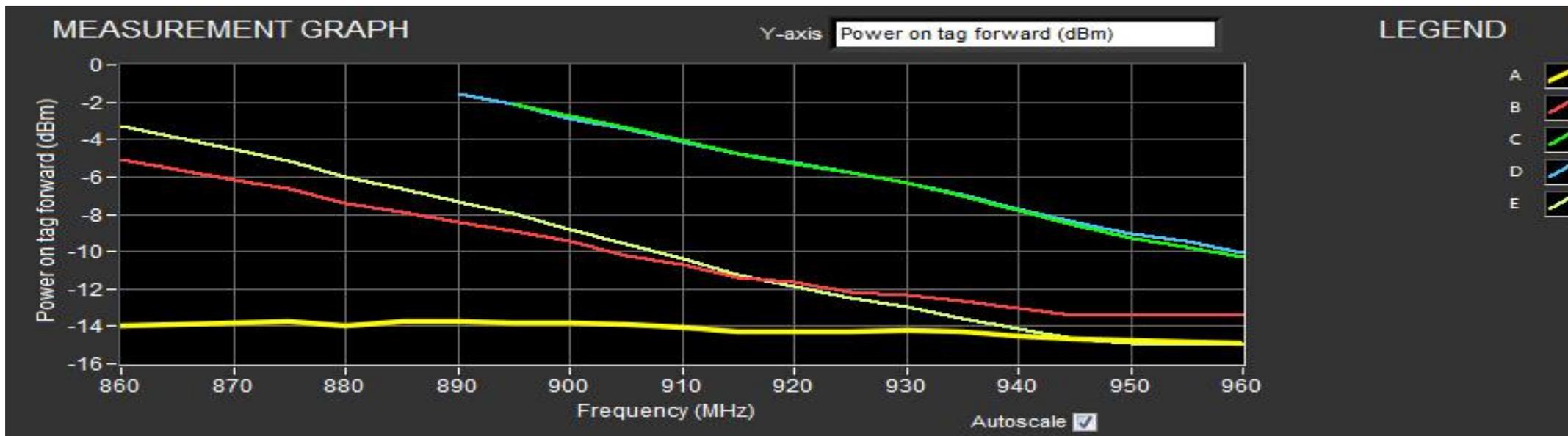
- ① 选取A、B、C、D、E五款不同厂商的图书标签进行实验分析
- ② 测试其在自由空间的读取性能
 - 使用Voyantic tagformance标签测试仪
 - 在电波暗室，标签正对天线中心，与其相距1m
 - 测试标签的读取距离，最小开启功率
 - 扫描频率860MHz~960MHz

测试仪在最大发射功率（28dBm）时的标签读取距离





标签的最小开启功率





- 从上面两张图中可以看到，A标签的性能要好于其他标签，A标签带宽很宽，在整个860MHz-960MHz范围内都可以保持很高的性能。在受到其他因素影响，诸如磁条，图书等的影响时，即使频点发生偏移，也可以有较好地读取性能。



智能门禁

自助借还机

盘点推车

馆员工作站

标签转换机

24小时借还

读写器



天线



系统





制定图书馆RFID应用标准的技术路线

- 制定RFID图书馆行业应用标准的意义
- RFID行业标准参考模式
- 我国首个超高频空中接口国家标准



RFID测试

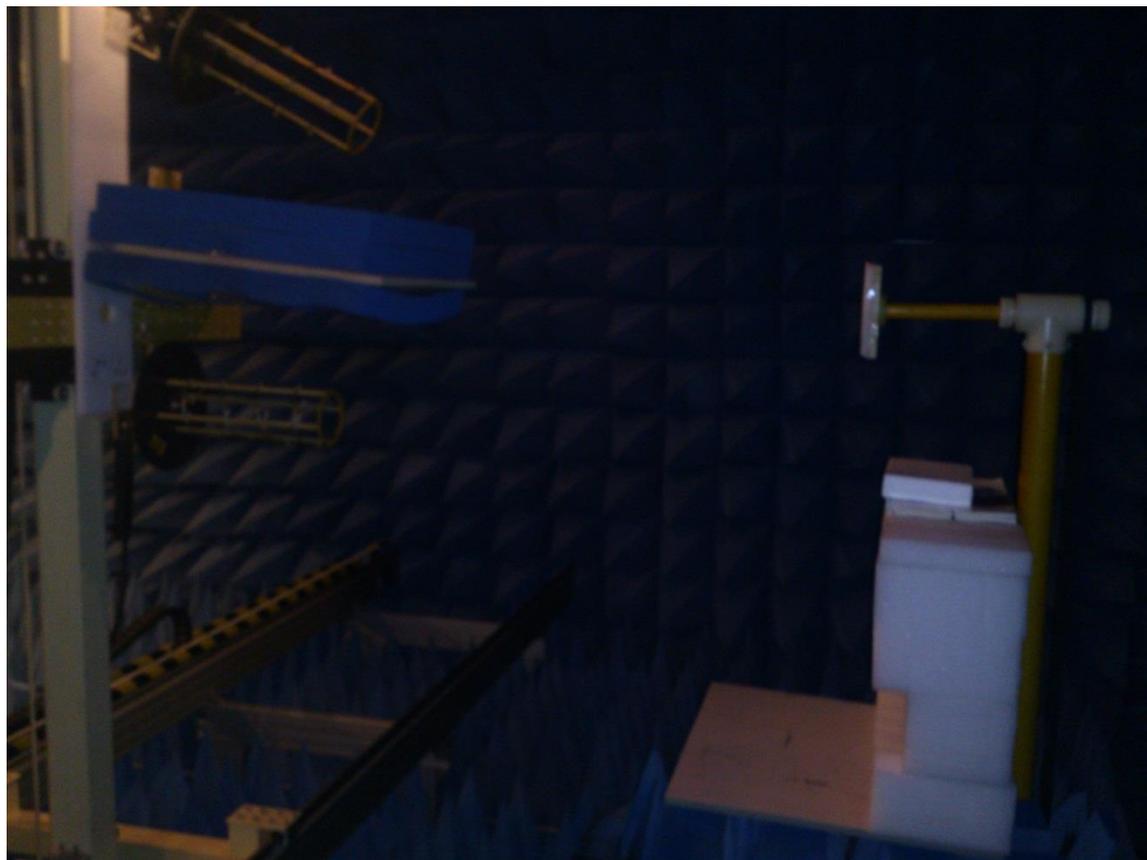
产品相容性测试 /
验证产品是否与标准规范相符

产品兼容性测试 /
验证产品是否与同类产品兼容与性能比较

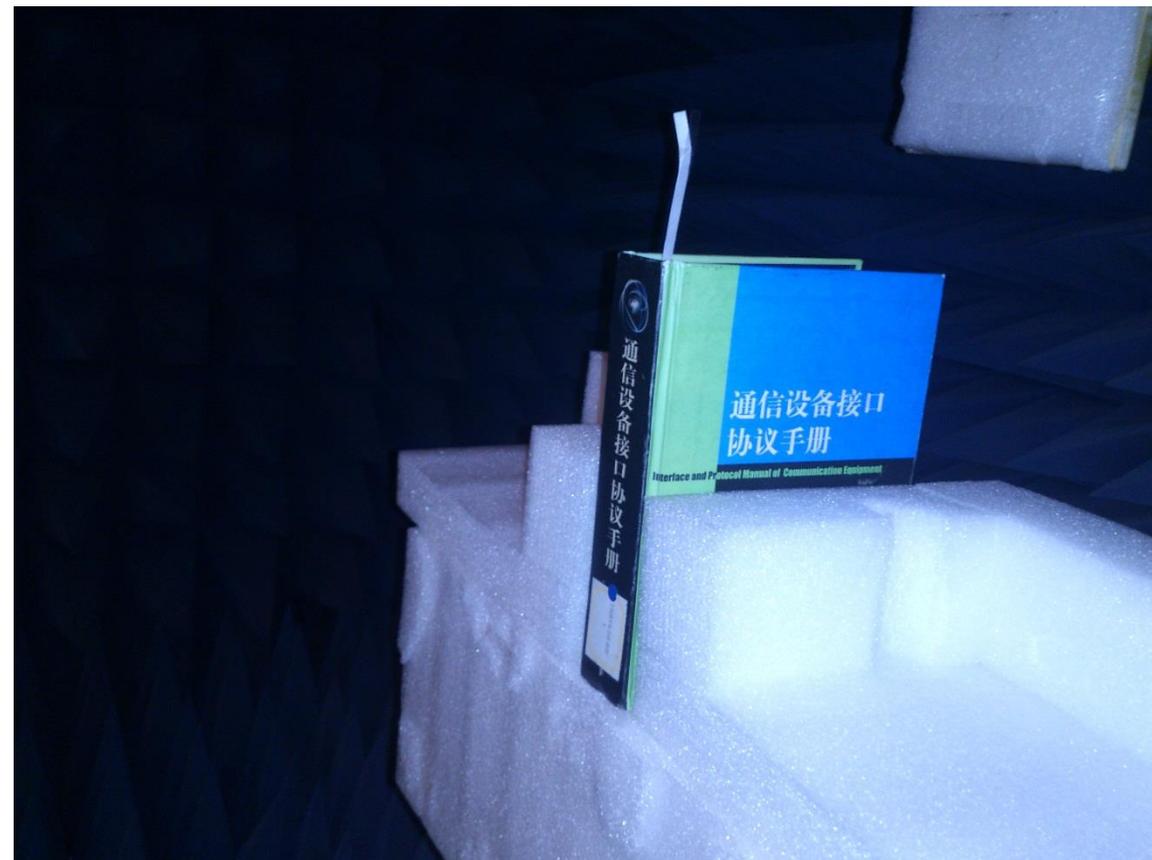
应用性能测试 /
测试应用环境中产品性能



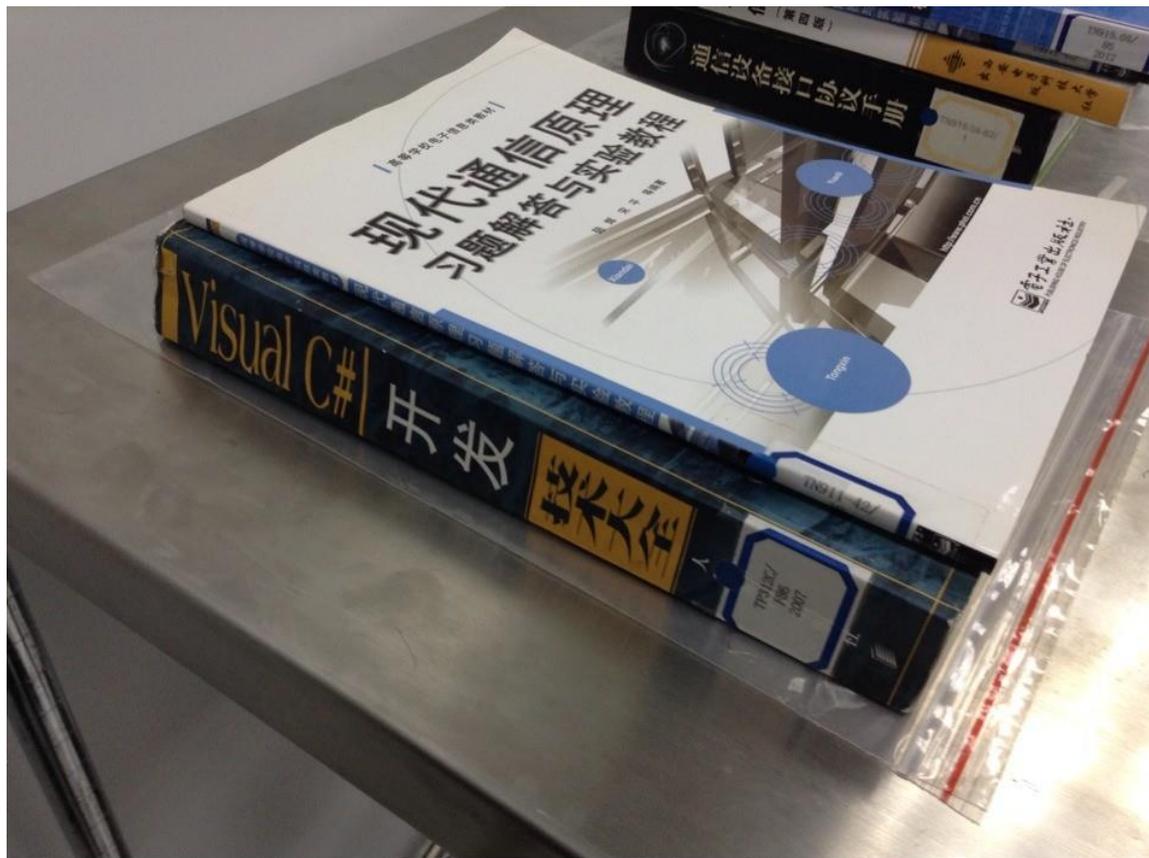
电波暗室环境



测试用夹具与图书



多本不同的书



多本相同的书



标签一般要求

- 组成、尺寸、外观
- 功能与性能
 - UHF标签(空中接口, 存储区定义等)
- 环境适应性
 - 温湿度
 - 机械环境适应性(跌落、抗压力、弯曲性、耐化学性、静磁场抗扰度、抗静电、紫外线、x射线、不可转移率、有毒害物质限量要求)

标签标识

标签一般性测试

- 组成、尺寸、外观
- 功能与性能
 - 空中接口
 - 标签存储区划分
 - 标签安全参数
 - 标签存储区容量
 - 标签数据保存时间
 - 标签擦写次数
 - 标签存储区操作权限
- 环境适应性
 - 温湿度测试
 - 机械环境适应性测试

标签生命周期管理

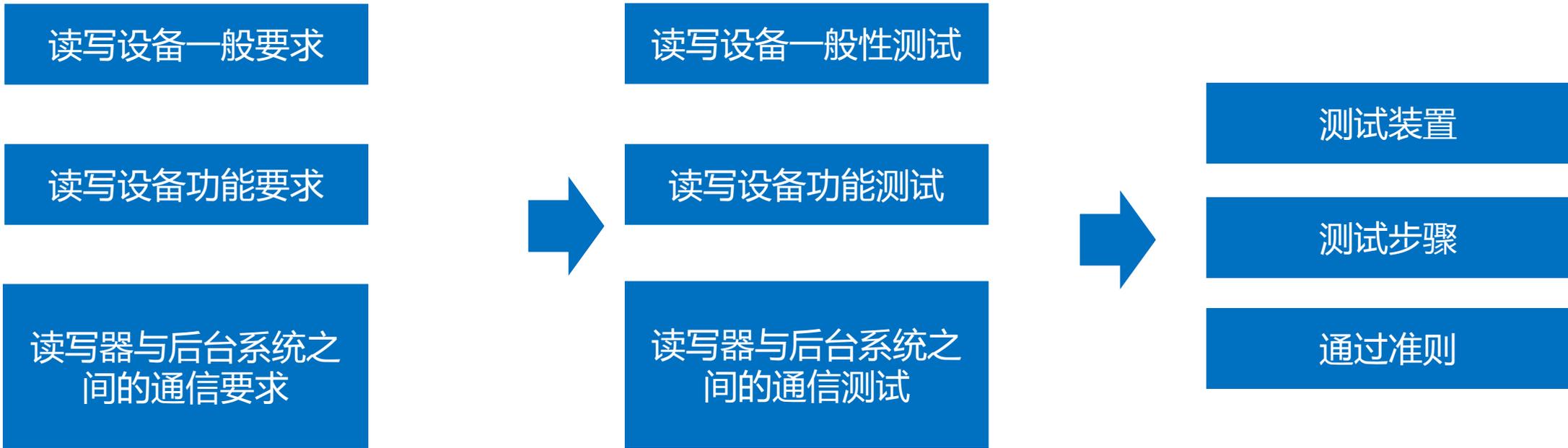
测试装置

测试步骤

通过准则



图书RFID应用技术特性 读写器技术特性

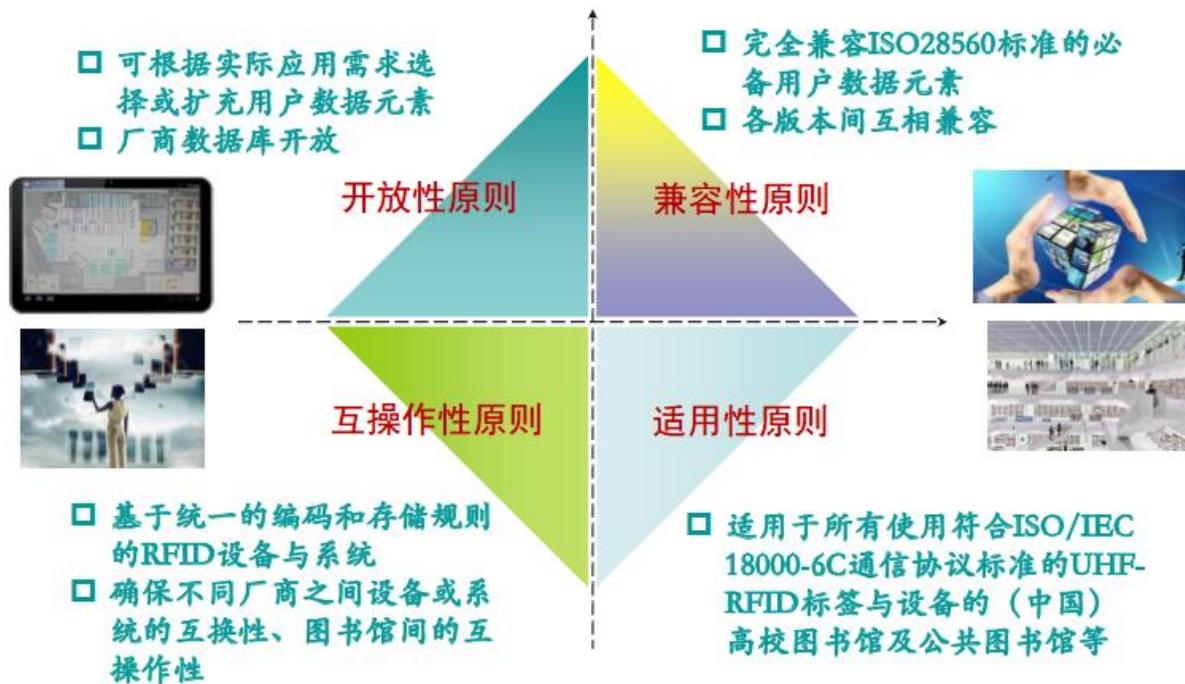


制定图书馆RFID应用技术与测试规范标准的意义

- 建立强大的买方应用市场
- 形成坚实的卖方技术支撑



互利互赢
共同发展



2012



2013

SB/T10771-2012 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪应用数据编码
SB/T10768-2012 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪标签技术要求
SB/T10770-2012 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪读写器技术要求
SB/T10769-2012 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪查询服务流程

SB/T11001-2013 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪标签测试规范
SB/T11002-2013 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪读写器测试规范
SB/T11003-2013 基于射频识别的瓶装酒追溯与防伪设备互操作测试规范

行业RFID应用技术与测试规范制定的参考模板
图书馆RFID应用技术与测试也可以借鉴此模式开展





JY/T1001-2012	教育管理信息-教育管理基础代码 (中华人民共和国教育部行业标准)
WH/T43-2012	图书馆-射频识别-数据模型-第1部分：数据元素设置及应用规则(中华人民共和国文化行业标准)
WH/T44-2012	图书馆-射频识别-数据模型-第2部分：基于ISO/IEC 15962的数据元素编码方案(中华人民共和国文化行业标准)
DB44/T898.1-2011	射频识别-图书管理-第1部分：系统架构和应用需求(广东省地方标准)
DB44/T898.2-2011	射频识别-图书管理-第2部分：标签数据(广东省地方标准)
ISO/IEC 15961:2004	信息技术-项目管理用射频识别(RFID)-数据协议：应用接口
ISO/IEC 15962:2004	信息技术-项目管理用射频识别(RFID)-数据协议：数据编码规则和逻辑存储功能
ISO 28560-1:2011	信息和文献-图书馆无线射频识别(RFID)-实施的数据元素和总原则
ISO 28560-2:2011	信息和文献-图书馆无线射频识别(RFID)-基于ISO/IEC 15962规则的无线射频识别(RFID)数据元素的编码



高校图书馆UHF-RFID技术第一部分：数据模型规范（第四版）

高校图书馆UHF-RFID技术第二部分：应用指南（第四版）



高校图书馆 UHF-RFID 技术 第一部分：数据模型规范 (第四版)

UHF-RFID Technique for University Libraries
Part One: Data Model Specification
(4th Edition)



上海交通大学图书馆
高校图书馆 RFID 技术应用联盟工作组
2013 年 2 月

高校图书馆 UHF-RFID 技术 第二部分：应用指南 (第四版)

UHF-RFID Technique for University Libraries
Part Two: Application Guide
(4th Edition)



上海交通大学图书馆
高校图书馆 RFID 技术应用联盟工作组
2013 年 2 月





我国首个 信息技术射频识别800/900MHz空中接口协议

ICS 35.220.01
L 64



中华人民共和国国家标准

GB/T 29768—2013

信息技术 射频识别
800/900 MHz 空中接口协议

Information technology—Radio frequency identification—
Air interface protocol at 800/900 MHz

2013-09-18 发布

2014-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

RFID产业关乎国计民生。在与之相关的若干个技术分支中，市场前景最好、国际巨头专利布局最密的就是与新国标相同的800/900MHz频段。在这个频段，目前国际上已公开的核心专利超过600个，而其他所有频段的专利一般只有十几个，最多不超过50个。此次发布的国标，体现了30项基于自主创新的专利，可以说，国外巨头如果想在中國切入市场，很难绕开这个专利群。虽然从国内外的专利数量对比来看，“30”和“600”依然差距明显，但新国标也已经为自主RFID技术和产业参与国际竞争拿到了相当大的话语权。

1、自主性强，创新面广

在物理层、协议层、防碰撞机制、安全机制核心技术方面均有技术突破，具有自主专利。

1) 在前向链路编码上采用截断式脉冲位置编码 (TPP)，具有较高的通信效率。

2) 在反向链路数据速率采用基于互质因子分频比的离散频点，可以避免超高频RFID应用中反向链路速率被特定频率的干扰所阻塞。

2、安全性高，具有不同强度的安全机制

在安全机制上提出了两种不同强度的鉴别协议——基于异或运算的鉴别协议和基于对称密码算法的鉴别协议，可应对窃听、窃取、篡改、跟踪、欺骗（伪造）、克隆等安全威胁，保证通信链路安全，满足多种应用需求。

3、性能良好，具有高效的防碰撞机制

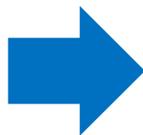
在防碰撞机制方面提出了动态分散收缩二叉树防碰撞机制，有效地高了系统吞吐率和多标签识别速率。可快速清点标签，稳定性高，系统整体识别性能优于国际标准。

4、可扩展性强

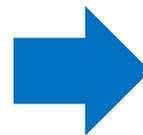
根据RFID应用特点对存储器进行了重新划分，以满足实现在防伪追溯、交通物流、工业生产管理、供应链管理等应用领域全流程管理的需求。

便于多个部门之间的协调管理，方便用户灵活使用，满足多用户管理需求，可扩展性强。

自主800/900MHz
RFID国标发布



基于自主800/900MHz
RFID国标的产品进入
市场



图书馆行业作为典型
RFID应用进行国标试点

王东 杨迅捷

上海交通大学软件学院
上海东川路800号交通大学软件大楼

谢谢

无锡RFID与物联网应用测试公共服务平台
无锡国家大学科技园立业楼c区上海交通大学无锡研究院

18621365573

021-34205077

Email:wangdong@sjtu.edu.cn