

## 智能卡天线设计需要考虑的几种因素

本文讨论了在不同领域实施非接触式项目过程中卡天线设计面临的共同挑战。为实现卡天线设计的最优化，不同的应用领域会有不同的解决方案。在同一张卡具有多个功能以及存在多种可能的天线尺寸的情况下，天线系统的优化设计显得尤其关键。

最近几年，非接触式智能卡已越来越多地应用于支付和识别领域。除了当前智能卡使用最为广泛的公交行业之外，越来越多的国家开始考虑将非接触式应用推广至其他全国性项目。鉴于非接触式智能卡应用的全球性增长，同时考虑到不同产品的技术要求以及终端客户的不同需求，设计满足不同应用需求的智能卡天线则成了一项极富挑战性的工作。本文将讨论智能卡天线设计过程中需要考虑的各种因素，以及在不同应用领域中面临的挑战。

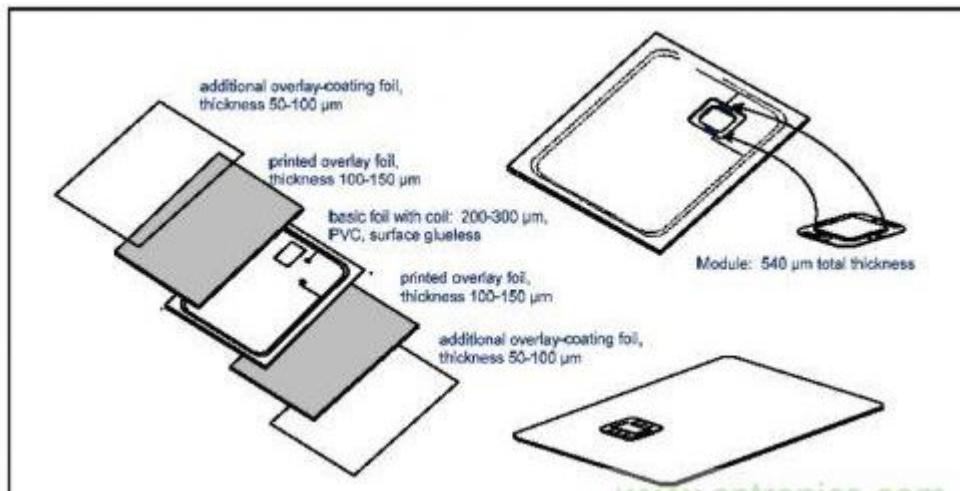
### 智能卡天线设计需要考虑的因素

智能卡天线是一种电气组件，可通过读卡器产生的射频（RF）磁场的电磁感应，向智能卡集成电路（IC）供电。它同时也是智能卡 IC 与读卡器之间的通讯媒介。设计不当的天线会极大地降低 IC 卡的性能，而设计合理的天线则会帮助 IC 卡实现其设计的最佳性能，实现以下特性：

#### 符合 ISO/IEC 14443/10373-6 规定的工作场域和负载调制要求

符合 PayPass-ISO/IEC 14443 执行规范- V1.1 和 EMV 非接触式通讯协议规范 V2.0 相关要求，兼容现有通过认证的读写器优化工作距离：为指定应用带来最佳工作距离，而不影响智能卡功能支持多卡，即使这些卡相互叠放

**天线在卡中的准确定位：**为了保证智能卡与采用小型天线的读卡器协同应用，天线必须设计在卡上的一个特定的区域内。因为只有这样，智能卡和读卡器的天线才能实现预定的磁耦合。



图题：双接口非接触式智能卡的典型构造

additional overlay-coating foil, thickness 50-100 $\mu$ m: 附加覆盖层, 厚度 50-100 微米

printed overlay foil, thickness 100-150 $\mu$ m: 印刷覆盖层, 厚度 100-150 微米

basic foil with coil: 200-300 $\mu$ m, PVC, surface glueless: 带线圈的基层: 200-300 微米, PVC 材质, 脱胶表面

Module: 540 $\mu$ m total thickness: 模块: 总厚度 540 微米

在智能卡天线设计中需要考虑三个会影响卡谐振频率的主要元器件。为了使智能卡的工作距离和 RF 通讯稳定性等性能指标达到最佳状态, 必须充分考虑到这些元器件的影响。

### 集成电路 (IC)

这是核心部分, 芯片的输入电容和最小工作电压将决定智能卡的最大工作距离和多卡同时工作等特性。

### IC 模块

智能卡 IC 置于模块之内。模块使得 IC 易于处理, 同时保护 IC 免受到外来压力 (如过度弯折等) 和紫外线的损害。另外模块设计扩大了天线连接区域,

为采用不同的天线连接方式提供了方便。在智能卡封装工序中，模块比裸装的 IC 更常使用。从电气角度看，模块给 IC 卡的谐振电路增加了额外的电容。

### 智能卡封装材料

由于其介电性能，封装材料也为最终 IC 卡的谐振电路增加了额外的电容。智能卡天线设计及其对特定应用领域的影响良好设计的智能卡天线是否就可以适合所有的应用领域而不会发生任何小故障？事实并非如此。仔细设计的天线对非接触应用产品的综合性能具有极其重要的作用，但是不同的应用其技术要求完全不同。因此，要设计出一款通用天线，是一项极富挑战性的工作。以下内容将简要描述一些典型应用中面临的挑战。

### 支付应用

卡和读卡系统之间的临界耦合效应当读卡器比智能卡小时，RF 通讯就遇到了挑战。出于简化和设计方便的考虑，目前流行的标准是将非接触式读卡器设计得尽可能小，尽可能紧凑。这意味着读卡器的天线要小于一般常见的 ID1 的尺寸。然而，由于业内普遍接受的大多数支付卡（例如 Visawave, Paywave, JCB）仍然执行 ISO/IEC 7810 标准 (ID1, 85mm\*54mm) 的规定制式，使用较小尺寸的读卡器就对 RF 通讯提出了挑战。

以上情形导致卡和读卡器系统之间产生临界耦合效应，这种临界耦合效应通常会使卡和读卡器之间的 RF 通讯变得极不稳定。尽管看似不合理，但这种耦合效应确实有违基本的逻辑，即，卡离读卡器越近，耦合效应就越强！

但是，采用如下一些方法，可以最大限度减轻这个问题的影响：

为了克服因卡片天线和读卡器天线的尺寸不匹配而造成的负面影响，一种方法是设计者可以调整卡片天线和读卡器天线的尺寸，使得读卡器天线的尺寸比卡片天线的大。根据支付系统的限制条件，可对读卡器天线加以调整或者改变智能卡天线的设计。事实上，尺寸只有 ID1 一半的支付卡在市场上已经越来越普遍。这种方法虽然解决了上述难题，但它也带来了其他问题。这些尺寸只有 ID1 一半的卡很难满足 ISO14443 规定的关于最小负载的调制要求。尽管如此，业内已经找到一些采用较小外形尺寸 (ID1/2 和 ID1/3)，并满足 ISO14443 规定的负载调制限制的设计方案。

改变卡片天线的设计（例如感应系数、线圈材料等）以达到调整 Q 值或谐振频率的目的。如果线圈的 Q 值较低，它传递给卡的能量耦合就比较小，将卡去谐以获得较高的谐振频率也会取得同样效果。这两种方法都可以减少卡片天线和读卡器天线之间的相互影响，进而降低他们之间的耦合效应。这种方法的好处是不需要改变读卡器的设计，可以避免因读卡器系统升级而带来的高昂成本。

当然，这种方法的缺陷是不能完全满足某些项目对于工作距离的要求。尽管不能完全解决问题，但这种方法仍然可以大幅降低耦合效应的负面影响。

### 电磁干扰（EMD）

设计者面临的另外一个问题是电磁干扰（EMD）。作为一种无源设备，非接触式智能卡从读卡器产生的 RF 场获取全部能量。IC 在进行内部操作期间，例如进行密码计算、EEPROM 编程等操作时，会对向其供应能量的 RF 场产生电磁干扰（EMD），这种干扰会使读卡器的接收电路侦测到“虚假的”通讯信息，从而在卡和读卡器系统之间引起通讯问题。卡离读卡器越近，这种影响就越大。虽然通过对卡片天线系统的微调可以部分减轻干扰（例如调整线圈的调谐电感），但是不能完全解决问题。通过对 IC 时钟技术的改进，包括内置硬件 EMD 抑制机制，这个问题现在已经基本得到解决。

### 公交应用

公交行业是最早采用非接触式技术的行业之一，但因其大多数读卡设施都是六七年前安装的，有些甚至是在 ISO14443 标准制订之前安装的，因此设施都相当陈旧。该领域面临的主要挑战是不符合相关标准。公交行业的部分陈旧的读卡器生成的调制参数不能完全符合 ISO14443 标准，从而在卡和读卡器之间产生业内所称的通讯“漏洞”。ISO14443 标准分别为卡和读卡器规定了相应的 RF 参数。这些参数给出了指定 RF 信号的工作范围，保证卡和读卡器在满足这些参数要求时可以达到互通性。因此，如果读卡器产生的调制 RF 参数超出了 ISO 标准规定的范围，就很难实现读卡器和卡之间的互通性。上面所讨论的参数与 ISO 标准不相符的问题，通常与 ISO14443 标准所定义的“暂停形态”的生成相关，一般表现为读卡器波形的上升时间、下降时间、过冲信号和残余载波等指标不符合规定。优化卡片天线的设计并不能完全解决这些问题，因此更可靠的解决办法是更换那些过时的读卡器，代之以新的符合 ISO 标准的设备，但这种选择不一定能够实现，因为更换所有正在使用的设施代价高昂，在某些情况下也不一定可行。

因此，可行的解决方案是改善非接触式智能卡 IC 的设计，使其具有超强的容错能力，以适应这些与 ISO 标准不相符的读卡系统。

### 身份识别应用

近些年来，政府实施的身份识别工程已成为非接触式技术发展的主要推动力，也促使业内更加关注 ISO 标准的实施，强调卡与读卡器系统的互通性。

前面讨论过的有关支付应用的问题在身份识别应用中也同样存在，政府的身份识别系统与其他系统的区别在于，政府已经与业内的主要机构一起开发出基于该应用的标准，例如 ICAO LDS，RF 协议测试等，并且在整个产业链中得到严格的遵循和推广。电子护照的镶嵌设计的总体框架由 ICAO “电子护照 RF 协议与应用测试标准-第 2 部分”（1 类天线）加以规范。

这些标准与美国有关电子护照的强制性规定一起，有效地保证了卡与读卡器系统之间的互通性和一致性，迫使那些参与的国家加速实施其电子护照工程。几年以来，参加美国“签证互免计划”（Visa Waiver Program）的大多数国家都一直在积极参与 ICAO 电子护照互通性测试和跨国界的试验性项目，这就为非接触式读卡器、inlay 以及芯片的制造商提供了一个平台，使他们可以一起制订共同的标准，并解决该特殊领域中面临的互通性问题。