

琐谈线圈感应式无线充电技术

Potty Introduction for Coil Inductive Wireless Charging Technique

尹文新 编译

中图分类号: TN86 文献标识码: A 文章编号: 1606-7517(2015)05-4-124

“无线充电”是指采用充电电池供电的设备——小如手机、手提电脑等便携式电子产品，大至电动汽车等交通工具，借助无线感应的方式使充电电池获得电力。这种无连接线的充电方式为需要充电的产品用户提供了极大的方便，尤其像心脏起搏器等医用电子设备更具备了安全可靠性。无线充电是个泛指的名称，不同场合的具有称谓很多，诸如感应式充电、非接触式充电、无接点充电等等都被称作无线充电。的确，人们在实践中开发了很多类型的无线充电方法，但当前已经商品化并有条件量产的只有线圈感应式无线充电产品。

线圈感应式无线充电的工作原理很简单，是一个多世纪前就被发现的一种物理现象。例如，1831年英国科学家法拉第成功进行的电磁感应实验就是“无线充电”。这就是说，人们早就发现，将导线绕在铁芯上形成两个独立的铁芯线圈，将其中一个线圈接上市电，另一个与其靠近就能感应传电。但它们之间的距离必须很近，否则就会失去电磁感应现象。人们在实践中不断发现，在低频时，这

种电磁感应能力是随线圈间距离的增加而快速衰减的。而随着频率的提高，则感应传电的距离则能增大。于是，对感应传电，人们规划了三个频率参考点，即低频(LF)为125~135kHz，高频(HF)为13.56MHz，超高频(UHF)为860~960MHz。

无线充电技术从LC谐振电路开始，以“共振”接收提高接收效率，其原理见图1所示。发射端以LC组成谐振电路，接收线圈上配置电容器以构成一个具有频率特性的接收天线，在特定的频率下可以得到较大的功率转移。这样，当距离拉开较大时仍然可以获取良好的电力传送效果。

共振接收的原理大家比较熟悉，此不赘述。但是，共振接收在实际操作中则是比较困难的。因为无线充电的发射设备和接收设备并不是一对一的关系，而是一台发射设备要应对不知其数的接收设备，反之亦然。这就给大批量生产成本控制带来了很大的困难，每台设备都要由专业人员进行调校，这要付出很高的成本和精力。所以，无线充电系统的设计首先需要解决共振这一部分的自调问题，

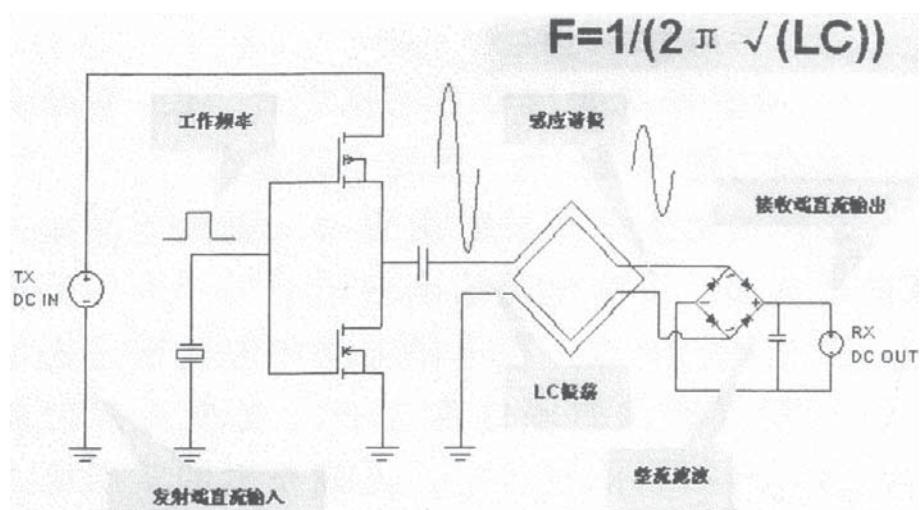


图1 无线充电从LC谐振开始的共振接收原理图

才能付诸量产。

图2所示为驱动发射线圈布置图。

无线线圈感应充电的另一个重要问题是电磁辐射对人身健康的影响问题。我们知道，家用电磁炉给炊具加热，用的是50kHz的频率，它在几厘米之外的距离之上就可以被衰减到人体的安全范围内，但如果给1米以外感应传电，则频率要提高到13MHz，此时如果人站在两线圈之间，致使人体发热就会有致命的危险。所以，无线线圈感应充电系统设计首要解决的是安全可靠问题。

图3所示为接收线圈架构。

从上面叙述可知，线圈感应式无线充电必须解决三大效能：传送效率、安全性和功率。例如，我国早些年生产的电动牙刷，其发射器提供的功率是0.5W，但其传送与接

收转换中却被消耗掉了0.4W，传送效率仅为20%，这种效率的充电器用于手机充电，显然就很不合适。手机充电器一般需要5V/1A，即5W的充电能量，如果其只有20%的传送转换效率，则系统的最大输出能力要达到25W，这将会对系统中的金属零部件构成灾难。

以下介绍无线充电系统的架构与设计。

当今无线充电系统多采用共振方式，其构造包括发射器、接收器。发射器内包括直流电源输入、频率产生装置、切换电源的开关以及发射线圈和电容谐振组合；接收器内的部件包括接收线圈和电容谐振组合、整流器、滤波与稳压器以及直流电源输出。

在这样的构架下，从发射器的直流电源输入，到接收器的直流电源输出，其间所经过的每一个环节都是系统功

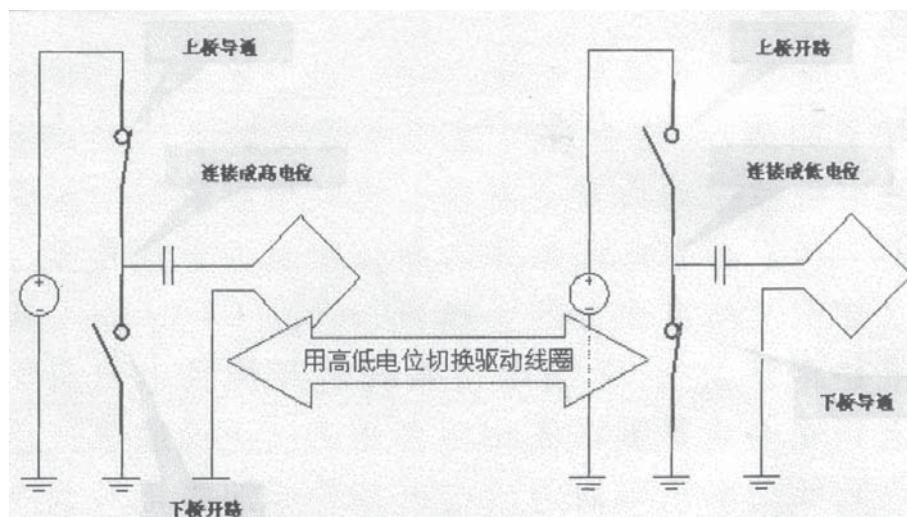


图2 驱动发射线圈布置图

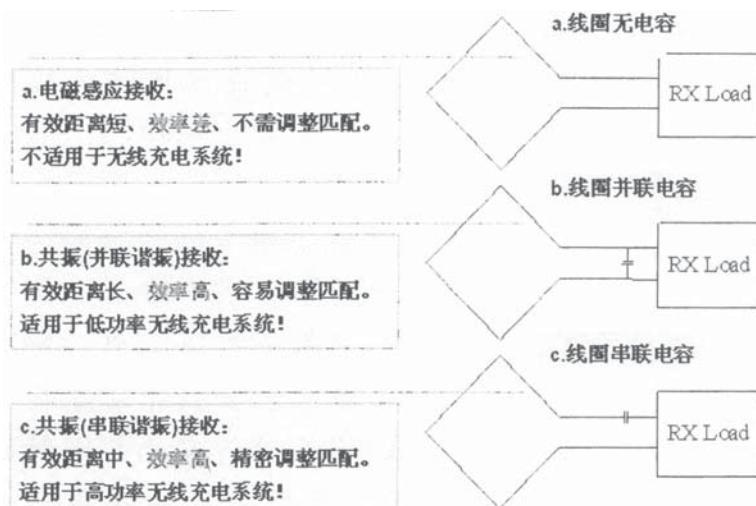


图3 接收线圈内部架构布置图

率的损耗点。在电源电路中电流通过的每一个有阻抗特性的零件都会损耗一部分能量。所以在系统的设计中，如何减小在这些零件上的功率损耗是设计师们必须探讨的问题，我们知道，近些年在电子材料、电子器件和零件的设计制作方面都有很大的进步。在充电器设计中应充分利用这些成果，以使上述的三大效能得到提高。现在谈谈器件、材料的选用。

频率产生装置：这是发射系统电路中的关键部件，国内有多家公司生产这种IC模块，可择优选用。

切换电力的开关：大多选用MOSFET，其应具有低导通电阻、高切换速度的产品。

发射/接收的线圈与电容器的谐振组合：这是线圈感应无线充电的新技术，暂无经验和规则可循，因此要通过实验不断求索。在此类谐振组合设计中，为了阻绝能量散发到感应充电以外的地方而对人体造成危害，通常在线圈的未感应侧等部位设置磁性材料阻绝电磁场外泄。

整流器：因为线圈感应无线充电的工作是高频率高电压的能量信号，它们需要有效地转换成直流电才能被充电电池接受使用，目前整流器上大多采用肖特基二极管。

滤波与稳压器：由于充电器的接收装置要求小型化设计，所以需要采用高转换效率的电路及体积稍大的零部件。

线圈感应无线充电系统设计除了其电路与零部件需要达到高性能外，其安全性设计是最重要并很艰难的。这里有两个主要问题：一是发射器上没有放置目标充电装置时也一样处于发射能量状态，这就造成了能源的浪费，不符合产品节能的要求；其二是当发射上放置金属物品时，发

射电磁波就是对其加热，轻则烧毁该物件，严重时则会发生火灾危及人们的生命财产安全。由此，线圈感应式无线充电设备要投入使用，必须要设计一个重要的功能——“受电端目标物识别”功能，即只有在正确的受电端目标物放置在发射器上时才给予送电，若不是正确的目标物则不送电。当前，解决这个问题并不存在技术因素，近距离侦测目标物的方法很多，问题在一个个廉价的充电器怎么去使用昂贵的侦测技术与设备/器件。成本太高的充电器市场不可能接纳。

人们在大量的实验中，认为目前有两个较为实用的方法可以解决以上问题。一是磁力激活法：在接收端上设置一个磁铁，当发射端感应到该磁铁的磁力后开始发送能量。这种方法应该相对简单有效。因为除非有意破坏，一般情况下不会有人故意或无意放一个带磁性物体在充电器的发射端上被烧毁。二是用感应线圈上的资料信息“告知”发射端传送信息。这是被认为最安全的方法。其原理是利用两个线圈内的电力传送时，将包含的资料码一起传送。但这种传送方法的困难还很多，这是由于感应线圈上有高能量的电力传输，还存在系统的噪声和负载电流变化的干扰等。

受电端电力需求的多元化要求充电系统的设计建立在数据传输机制上。

一台理想的线圈感应无线充电系统，希望可以在其发射器放置不同的接收器，如从只要求小电力的耳机、电动牙刷等，至大功率的笔记本电脑，都能同样在一台发射器上充电。但是，每个接收设备所需要的电力是不一样的，这种情况下，发射器就必须能够自动地调节功率输出。这

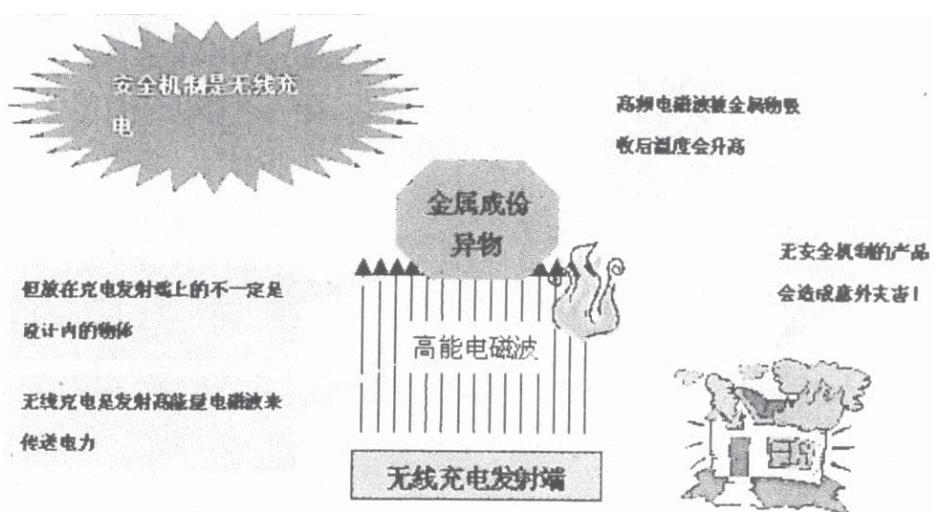


图4 无线充电能量可能发生危险处

个功能的完成，需要对发射器和接收器之间能够传送的资料码进行沟通，所以，如何运用感应电力的线圈进行资料码传送就成了线圈感应无线充电系统研发设计的要点。多家公司在各自的设计中已找到一些方法，但在稳定性可靠性方面有待验证提高。

目前，无线充电技术的从业者中，有人正在计划推行无线充电通用标准。普遍认为，理想化的标准应该做到跨品牌使用。那么，这种理想化的目标，必须将两个部分规范化后才可能运作。首先是要有共通的共振频率，因为电力传输是需要通过预设好的共振频率传送的，发射器提供的电磁波能量之频率需要等于接收器的共振频率，才能获

得更好的转送效率。其次，使用标准的资料传送码或者其它的激活方式，发射器都需要对应到正确的接收器后才能进行送电。无线充电器的市场开发必须要有通用的统一技术标准，并且已有团体在运作实施，但尚未形成成熟的标准，所以还无法顺利完成标准的产品设计。

线圈感应无线充电器的量产，将涉及三个产业链，即控制电路板、感应线圈、磁性材料。根据一般规律，要使这种充电器成熟，形成健康的市场，需要各产业链之间良好合作，大概需要三、四年时间。图5示出了产业链的关系。

（参考资料来源：21ic.com）

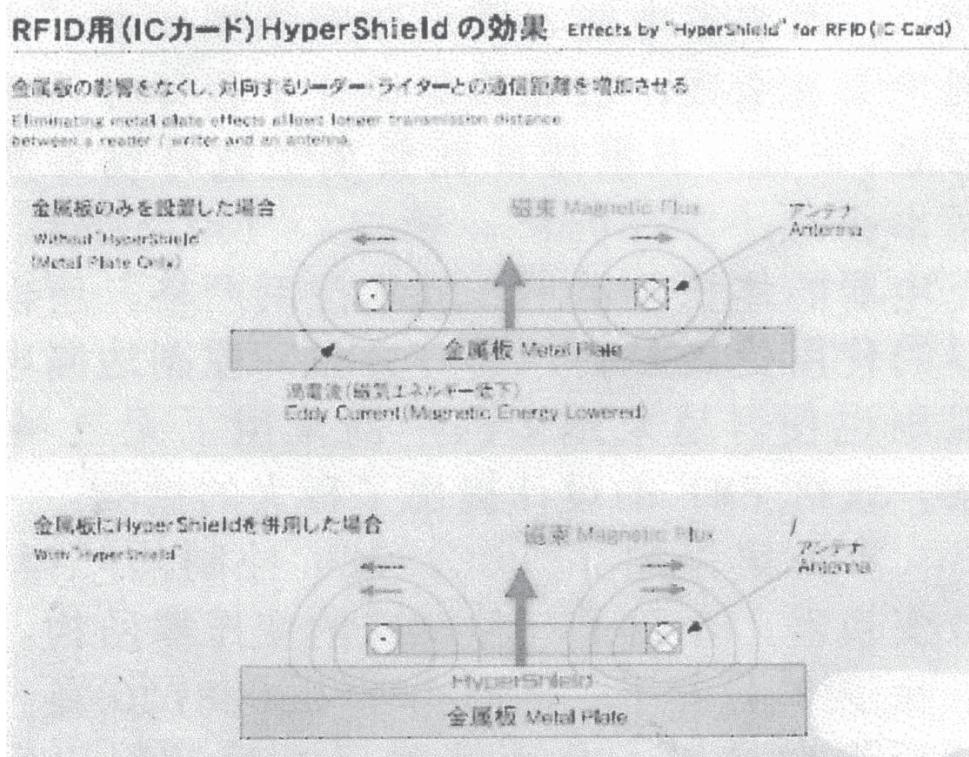


图5 感应线圈与磁性材料搭配使用提高无线充电效果