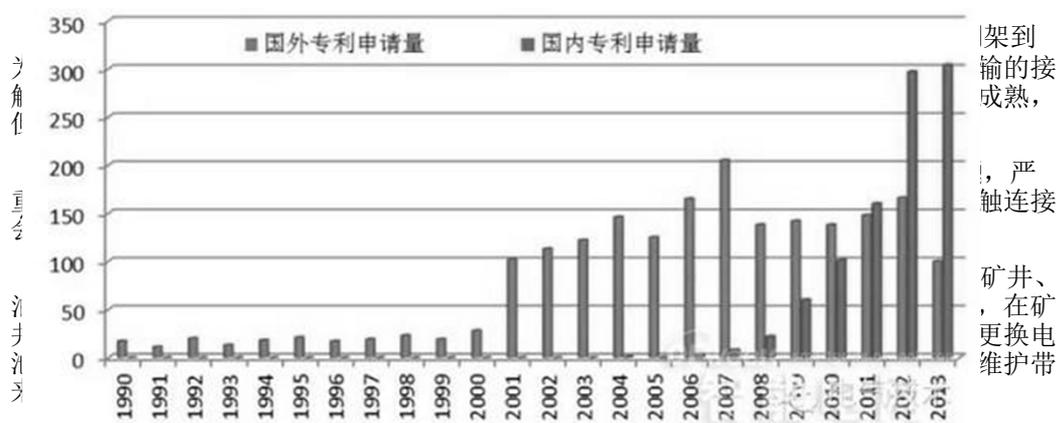


电磁学小论文

——非接触充电方式

——周蔚然 余博龙

应用前景



电磁感应

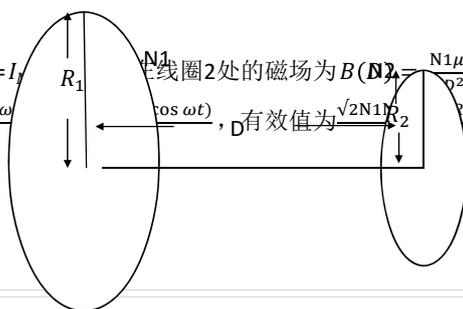
原理简述：送电线圈中通入交变电流时，两线圈之内产生交替变化的磁束，并在接受端产生感应电动势，从而通过接收线圈的端子向外输出交流电流。

演示：简化模型 我们设发射端的线圈为 n_1 匝，线圈半径为 r_1 ；接收端的线圈为 n_2 匝，线圈半径为 r_2 ，两线圈之间的距离为 d 。两线圈垂直于他们中心的连线放置。

并且由于这些充电器往往有 $R_1 \gg R_2$ 且轴向长度可忽略的特点，所以我们用这个模型推导可以变得简单。

简单推导：

假设在线圈1中通入 $I = I_m \cos \omega t$ ，线圈2处的磁场为 $B(D)$ ，所以磁通量近似为 $\frac{N_1 \mu_0 I R_1^2}{D^2 + R_1^2}$ ，则感应电动势为 $\frac{N_1 N_2 \omega \pi R_1^2 R_2^2 I_m (-\cos \omega t)}{2(D^2 + R_1^2)^{3/2}}$ ， D 有效值为 $\frac{\sqrt{2} N_1 R_2}{(D^2 + R_1^2)^{3/2}}$ 。



电磁感应

定性分析： $\frac{\sqrt{2} N_1 N_2 \omega \pi \mu_0 R_1^2 R_2^2 I_m (-\cos \omega t)}{4(D^2 + R_1^2)^{3/2}}$ 有这个简单的公式，我们了解到通过电磁感应传输的电流，不仅在相位上落后 $1/4$ 个周期，而且其大小还与感应的线圈匝数，半径大小以及线圈的长度有关，而且在其他条件不变的情况下，高频电流的放大程度也比低频大。

然而我们可以明显的感觉到，如果线圈相距较远，或者摆放不在正中心的话，都会对传输电能的效率造成巨大影响，所以如果要大规模的应用与市场的话，就要投入大量的基础设施和人力物力。

电磁感应

实例：

手机无线充电：

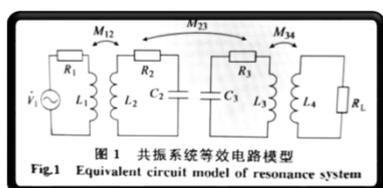
无线充电汽车：



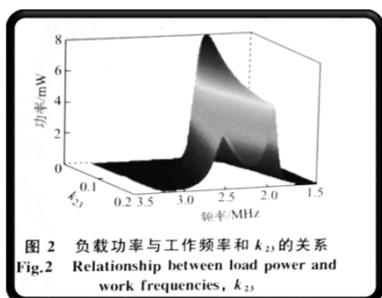
磁共振

构成：电源、电力输出、电力接收、整流器

原理：于电磁感应相似，不过磁共振方式加装了一个高频驱动电源，采用兼备线圈和电容器的LC共振电路，而非由简单线圈构成送电和接收两个单元。



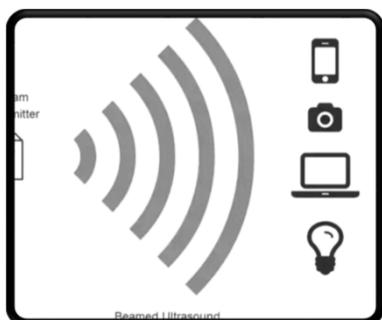
磁共振



满足关系：对于一般磁共振耦合无线能量传输系统，共振频率分叉条件下系统存在主从共振频率的差别，即相对于从共振频率，负载在主共振频率工作时将获得更大的功率，且随收发端参数非对称程度的增加，这种差距会更明显。

结论：由此可见，在线圈相聚较远的情况下，只要频率达到一个值，就可以让负载在此距离时的功率达到最大值，因而这种技术减少了无线充电的限制。

无线电波式



主要结构：微波发射装置和微波接收装置组成

原理：可以捕捉到从墙壁弹回的无线电波能量，在随负载作出调整的同时保持稳定的直流电压。此种方式只需一个安装在墙身插头的发送器，以及可以安装在任何低电压产品“蚊型”接收器。

实地考察

尝试1：耳机接线

实验方案：

将导线绕到一个半径为1cm的PC管上，绕10圈，分别接入主次级电路，用示波器观察感应电压。

结果：电压基本为0

分析：耳机线是带有屏蔽层的导线，在实验中外面的屏蔽层把感应给屏蔽掉了。

尝试2：漆包线绕线圈

用同样的绕法在PC管上面绕20~30圈，绕成的形状于耳机线类似，都是沿管方向

结果：仍然没有形成规模的电压出现，与不感应的情况下相比，也就多了大概100mv的电压

失败原因 1：

线圈的绕法问题，如果按轴向绕时，容易造成漏磁。

失败原因2：

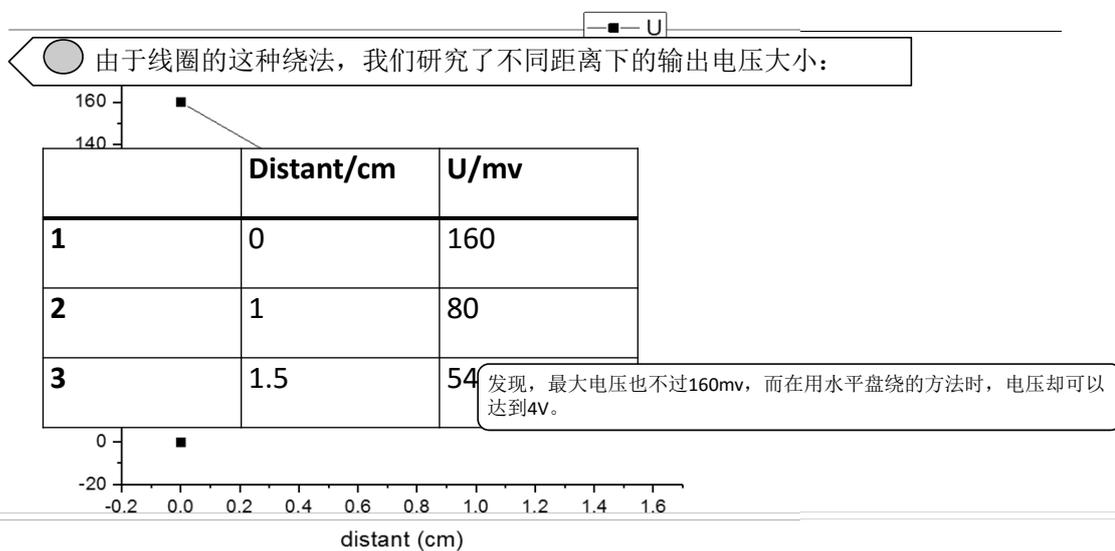
漆包线质量太差，上面疙瘩太多影响波形。

进一步探究

感应线圈的两种绕法：

- 单层缠绕法
- 单层缠绕法就是将电感线圈的线匝以单层的方式缠绕在绝缘管道的外表面上，单层缠绕的方法又分为间接缠绕和紧密缠绕，间接缠绕一般用于一些高频谐振的电路中，因为这种方式的缠绕方法可以将高频谐振线圈的电容减少，同时还能将其一些特性稳定。紧密的缠绕方式基础是一些谐振线圈范围比较小的线圈。
- 多层缠绕法
- 线圈的电感量比较大的，线圈的缠绕方式是多层的缠绕方法，多层的缠绕方法包括密绕和蜂房缠绕两种类型，密绕的方式排列比较紧密，需要一层一层的分布，它缠绕的线圈产生的电容比较大，蜂房缠绕的方式是在一定角度上进行排列，它的排列不是非常平整，但是跟紧密的缠绕方法相比较，它的电容比较小。一些高压的谐振电路，在进行电感线圈的缠绕时，需要切合电流值和线圈之间的耐压程度，我们在进行电感线圈的缠绕时，还要考虑线圈的热量情况。

实验



关于频率

最初采用频率为1KHZ，得出来的结果中，不论是漆包线还是耳机线，在这种频率下的输出电压都很小，达不到充电的效果。

我们初步推测，频率与输出电压的关系主要是由于低频信号容易发散导致的，并且，我们观察到当频率越低的时候，发射的信号容易失真。

关于垂直间距

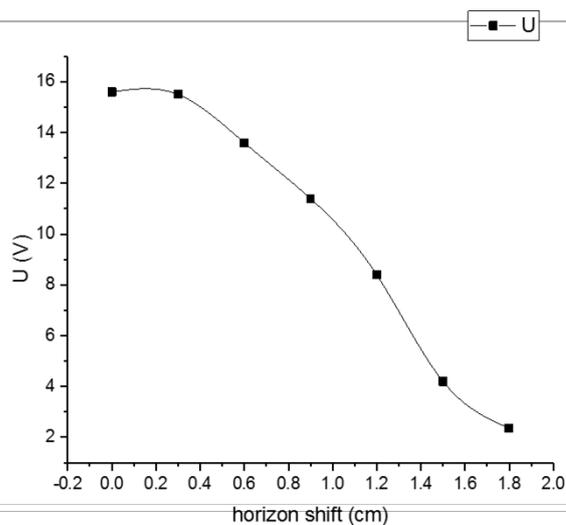
实验步骤: 在圆筒上找一个位置，分别将两个线圈穿入圆筒，使得两个线圈靠的很近，然后将两根线圈接入电路中，按变压器的电路设计电路，并在主电路与次级电路中接入万用表测量电压，接通电源，测量主电路与次级电路的电压关系。

	Distant/cm	U/V
1	0	16.8
2	0.5	11.7
3	1	6.6
4	1.5	4.2
5	2	2.28

distant (cm)

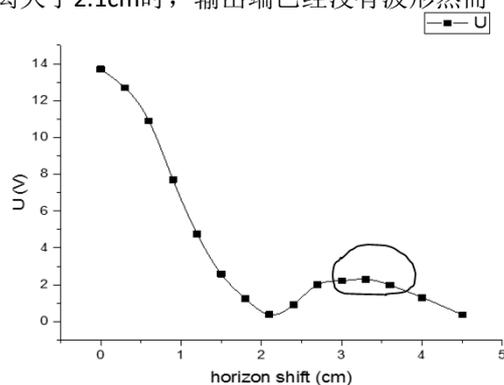
关于水平间距

	Horizon shift/cm	U/V
1	0	15.6
2	0.3	15.5
3	0.6	13.6
4	0.9	11.4
5	1.2	8.4
6	1.5	4.2
7	1.8	2.36



关于磁片

当距离大于2.1cm时，输出端已经没有波形然而



关于磁片

可以看见，由于线圈上磁片的影响，电压在2.4cm时开始增大，并在3.3cm处达到高峰，

所以我们猜想，以后的充电技术中，也许可以通过磁介质的几何形状来改变磁场形状，从而达到，不同位置充电的效果。

	Horizon shift/cm	U/V
1	0	13.7
2	0.3	12.7
3	0.6	10.9
4	0.9	7.7
5	1.2	4.76
6	1.5	2.58
7	1.8	1.24
8	2.1	0.38
9	2.4	0.91
10	2.7	2
11	3.0	2.22
12	3.3	2.30
13	3.6	1.98
14	4	1.31

关于磁共振

谐振尝试1: 电阻上电压法



实验原理: 测量电阻上电压, 并通过改变输入频率来改变输出电压, 找到一个频率值使电压最大。



实验发现: 在输入频率为2.5MHZ时输出电压最大。

接着我们用2.5MHZ的输入频率外加4V的电压作为输入, 得到一组输出电压的数据, 然而接着, 我们在主, 次级电路中拆掉了电容, 却发现增大点处的电压不减反增。

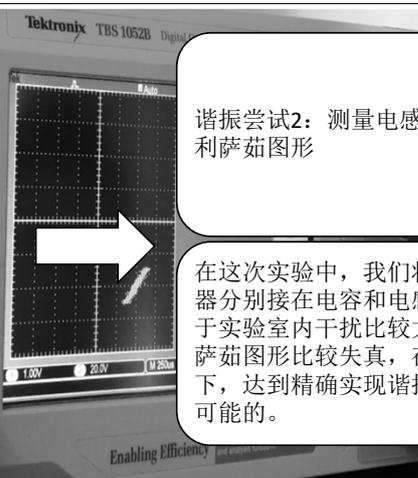
	Horizon shift/cm	U/V
1	2.7	1.04
2	3	2.56
3	3.3	2.62
4	3.6	2.18

关于磁共振

可以发现, 在3.3cm处的电压为2.62V对比加了震荡电路的电压(2.30V), 不降反增, 于是我们推测, 我们在这次尝试中没有时主级电路达到谐振频率, 一方面, 这是由于我们实验仪器造成, 另一方面, 谐振必须使频率非常精确才达到效果, 而我们的实验只是粗调, 达不到效果也是必然的

谐振尝试2: 测量电感电容上的利萨茹图形

在这次实验中, 我们将实验示波器分别接在电容和电感上, 但由于实验室内干扰比较大, 所以利萨茹图形比较失真, 在这种情况下, 达到精确实现谐振频率是不可能的。



总结

通过这次实验，我们研究了不同因素对电磁感应和磁耦合共振对充电效率的影响，发现在不同的环境下，电磁感应充电方式受影响的程度比较大，这也是市面上这种充电方式被广为诟病的原因，除此以外，我们尝试了磁耦合共振充电，然而这种方式实在难于实现，所以，今后要寻求更有效率的非接触方式，一定要实现易实现的磁共振充电方式。

小论文参考文献：

- 《磁共振耦合电能传输系统功率与效率传输特性分析与优化》（李长生，张合，曹娟，刘明）
《无线电能传输系统平行多匝线圈空间位置与效率分析》（张晋勇，麦晓冬，关曼清，邱怡怡）

谢谢！