

表3-9是初级线圈组相关的参数，完成的PCB厚度是 $1.3 \pm 10\%$ mm.

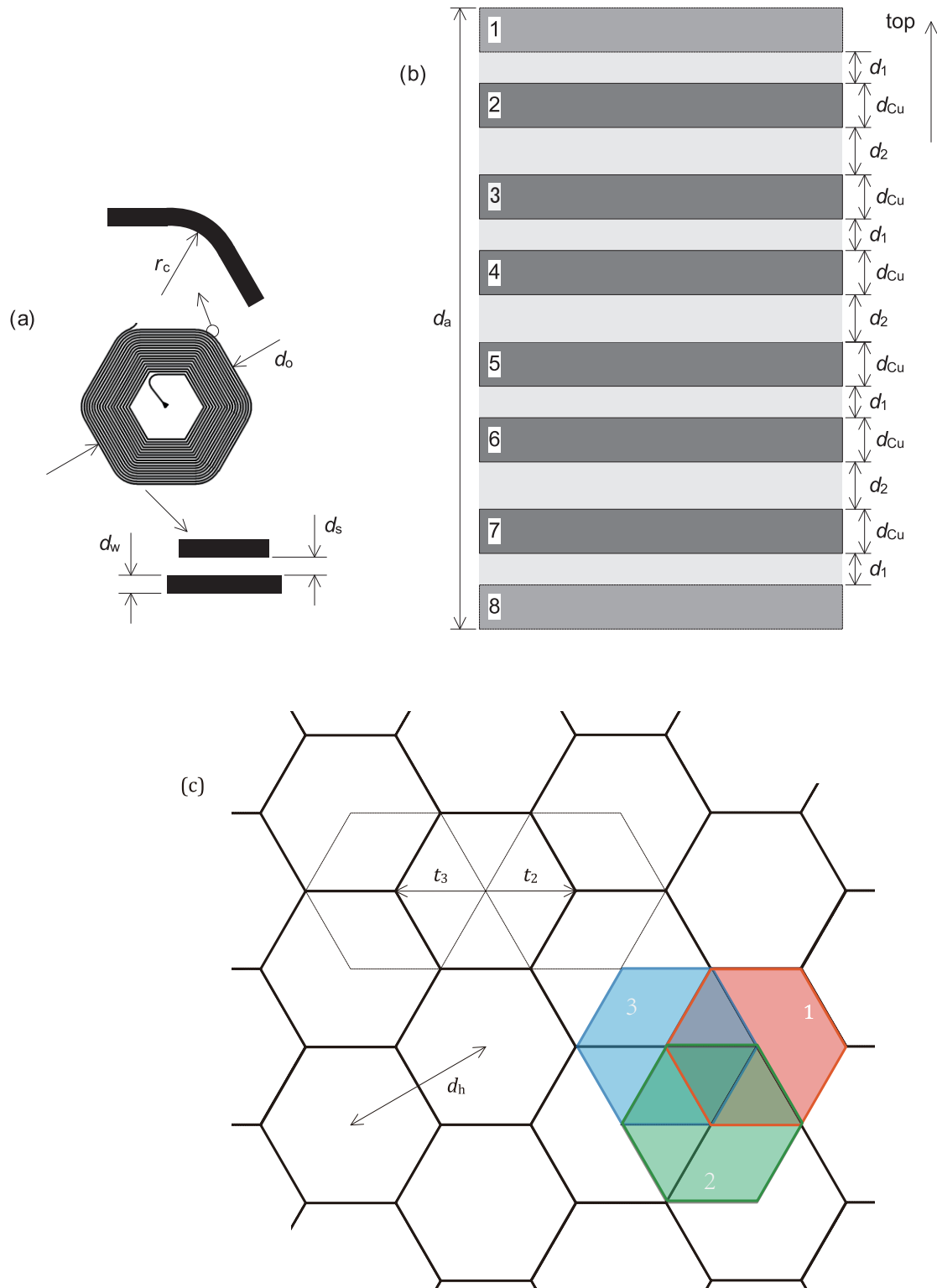


Figure 3-14: Primary Coil array of Power Transmitter design B2

3.3.2.1.2 屏蔽罩

功率发射器B2 使用的屏蔽罩和功率发射器B1使用的功率发射器使用的相同。参考小节3.3.1.1.2

3.3.2.1.3 界面/感应面

从初级线圈组到基站界面/感应面的距离是 $d_z = 2_{-0.5}^{+0.1}$ mm, (从初级线圈组顶面)。同样参考小节3.3.1.1.3图3-11。另外基站的界面/感应面至少超出初级线圈组的外边缘5mm.

3.3.2.2 电子细节描述

B2功率发射器设计的电路草图和功率发射器B1 的相同，参考小节3.3.1.2图3-12.

功率发射器B2 用一个半桥逆变器驱动 初级线圈组。另外功率发射器B2 用多路器选择有效区的位置。多路器配置初级线圈组，像这样 1,2或者3套初级线圈被并联到驱动电路。被连接在一起的初级线圈构成了一个初级子感应区。还有另外一个限制是多路器必须选择的每一个初级线圈要和其它每个选择的初级线圈叠加；参考例图 3-14(c)

工作频率范围 $f_{op}=105\text{--}112\text{kHz}$,每套在第2层 第7层（并联） 的初级线圈组和屏蔽罩的电感为 ---- 11.7_{-}^{+1} uH，在第3层和第六层（并联） 为 11.8_{-}^{+1} uH，在第4层和第5层（并联） 为 12.3_{-}^{+1} uH。电容和电感在阻抗匹配电路中的（图3-12） 分别为 $C_{m1}=256_{-}^{+5\%}$ nF, $C_{m23}=147_{-}^{+5\%}$ nF, $L_m=3.8_{-}^{+5\%}$ uH.电容 C_1 和 C_2 在半桥逆变器为68uF.开关S是打开的当初级子感应区只有一个初级线圈组成时，否则开关就是关闭的。（电容两端）通过电容的电压能达到36Vpk-pk。

功率发射器B2 用输入电压到半桥逆变器 从而控制功率大小的传输。因为这个目的，输入电压的范围是 0----20v，低输入电压结果就是低功率传输。在功率传输时为了得到足够准确的校正，B2 功率发射器必须能控制输入电压的精度在35mV或者更好。

当功率发射器B2 第一次应用（申请）一个功率信号（数字ping;参考 小节5.2.1），它必须用初始电压12V

控制功率传输必须用PID 算法，在小节5.2.3.1定义。算法定义引入控制变量 $V^{(i)}$ 表示到半桥逆变器的输入电压，为了保证足够准确的控制，功率发射器B2 必须确定进入初级子感应区的电流的幅值（通过每个它的3个组成部分的初级线圈 电流的总合）精确到5mA 或者更好，另外关于PID算法，B2 发射器必须限制进入初级子感应区的电流 最大3.5A RMS 在初级子感应区 由2个或3个初级线圈构成时，当初级子感应区由一个初级线圈构成时 最大电流为1.75A RMS。为了这个目的，功率传输器 或可以限制到半桥逆变器的输入电压的值低于20V。最后，小节3.3.1.2表3-8提供了用在PID算法的一些参数。

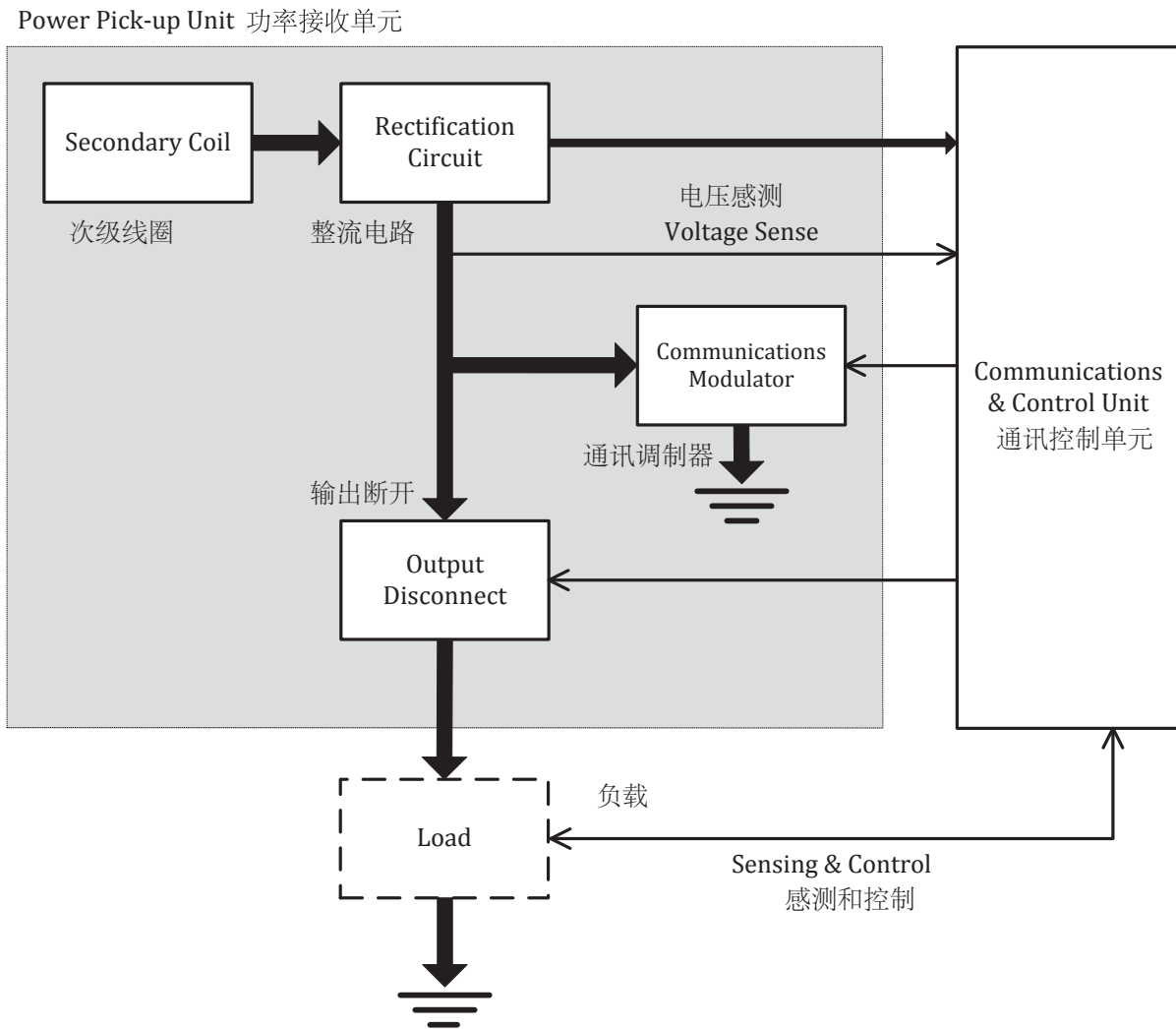
3.3.2.3 可测量性

功率发射器B2 提供了和功率发射器B1相同的可测量性选择。参考小节3.3.1.3.

4 功率接收器设计要求

4.1 介绍

Figure 4-1 illustrates an example functional block diagram of a Power Receiver.



(图4-1是一个功率接收器功能模块例子)

Figure 4-1: Example functional block diagram of a Power Receiver

在这图例中，功率接收器由功率接收单元和通讯控制单元组成。功率接收单元在图中左边包含类似的功率接收器元件。

- ☒ 双谐振电路由次级线圈和串联，并联的电容器组成，以提高功率传输的效率并实现一个谐振检测的方法（参考小节4.2.2.1）
- ☒ 整流电路提供 A C 波形的全波整流，例如四个二极管的整流配置，或者其他有效元件合适的配置（参考小节4.2.2.2）。整流电路应该输出顺畅。在这个例子整流电路为功率接收器的通讯控制单元和输出提供电源。

- ☒ 通讯调制器(参考小节4.2.2.4)。在功率接收器DC端，通讯调制器主要的构成是一个和一个开关串联。在功率接收器AC端，通讯调制器的主要构成是一个电容和一个开关串联（参考图4-1）。
- ☒ 一个输出断开开关，防止电流流向输出端，当功率接收器没有提供电源给输出端时，另外输出断开开关也防止电流回流到功率接收器，当功率接收器没有提供电源给输出端时。再者，输出断开开关使功率最小化，当一个功率信号第一次被应用到次级线圈---功率接收器从功率发射器获取时
- ☒ 整流电压识别

通讯控制单元在图4-1右边 由功率接收器的数字逻辑部分组成。这个单元执行相关的功率控制算法和协议；驱动通讯调制器；控制输出断开开关；监视各个感测电路，在功率接收单元和负载端-----举个实际的例子：一个在负载端的感测电路测量一个可循环充电的电池的温度。

留意 无线通信传输协议系统描述 第1卷 第1部分，最小化功率接收器设置的要求，（参考小节4.2）。因此类似的功率接收器不同于例子的功能模块图4-1所示的设计是可能的。例如，一个比较设计包括整流电路的后整流调制（例如用降压变压器，电池充电电路，功率（电源）管理单元等。）。在另一个设计 通讯控制单元与移动设备子系链接，例如用户界面。

4.2 功率接收器设计要求

功率接收器设计必须遵从机械（结构）要求单 参考小节4.2.1和电子要求单 参考小节4.2.2
另外功率接收器必须执行小节5定义的协议的相关部分，还有小节6定义的通讯接口。

4.2.1 机械（结构）要求

功率接收器包括一个次级线圈，和一个界面/感应面 如小节4.2.1.1定义，另外功率接收器还包括一个对齐辅助 如小节4.2.1.2定义。

4.2.1.1 界面/感应面

从次级线圈到移动设备的界面感应面的距离不能超过 $d_z = 2.5 \text{ mm}$ ，（从次级线圈低面）参考图 4-2

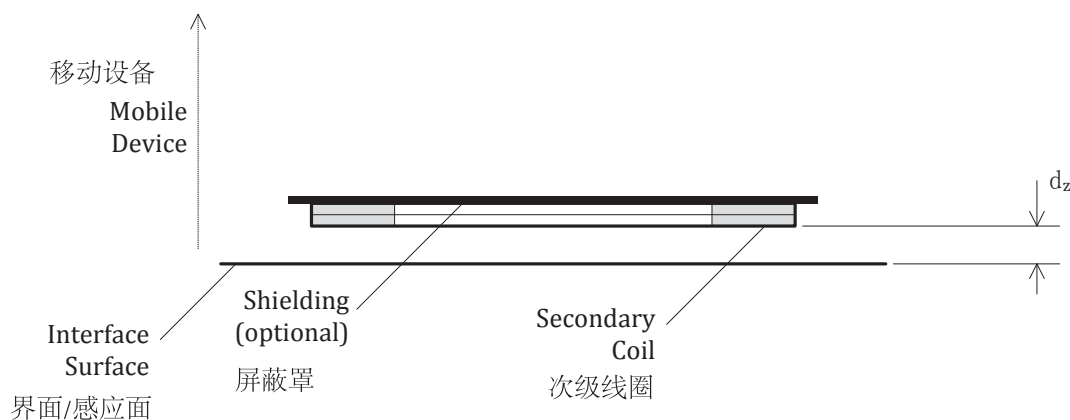


Figure 4-2: Secondary Coil assembly

4.2.1.2 辅助对齐

移动设备设计应包括帮助用户正确对齐功率接收器次级线圈和功率发射器初级线圈的方法，实现导向定位。这个方法为用户提供一个方向指导--例如用户要将移动设备移动到哪里，回复用户已经正确对齐。

（信息）这种方法的一个例子是一块硬的或者软磁材料，这个被功率发射器A1的磁铁吸引。引力应该提供给用户触感提示当放一个移动设备在界面/感应面上时。注意移动设备不能依靠基站的任何对齐支持下，其他的参考小节3

4.2.1.3 屏蔽罩

一个值得考虑的功率接收器设计问题是 功率发射器的磁场在移动设备上的影响，一些偏离的磁场可以和移动设备相互作用，潜在的导致它的性能恶化，或者会产生涡流电流，功率浪费，温度升高。

推荐在次级线圈顶部加屏蔽罩限制磁场的影响，参考图4-2.这个屏蔽罩的组成材料参数和小节3.2.1.1.2 & 3.3.1.1.2类似。屏蔽罩应该完全覆盖次级线圈，另外屏蔽罩超出次级线圈的外直径 也可能是必要的，根据上面偏离磁场的影响来定。

4.2.2 电子要求

接收器设计包括一个双谐振电路如小节4.2.2.1定义，整流电路如小节4.2.2.2定义，感测电路如小节4.2.2.3定义，通讯调制器如小节4.2.2.4定义，输出断开开关如小节4.2.2.5定义。

4.2.2.1 双谐振电路

双谐振电路由次级线圈和两个谐振电容组成，第一个谐振电容 C_s 的目的是提高功率传输效率。第二个谐振电容 C_d 的目的是实现谐振检测模式。图4-3为双谐振电路。双谐振电路中的开关是可选择的如果存在，电容 C_d 就是次级线圈 L_s 固定连接。如果开关存在它必须保持关闭知道功率接收器传输他的首个数据包（参考小节5.3.1）

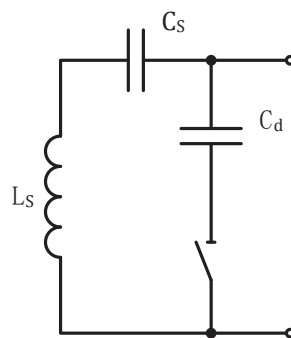


Figure 4-3: Dual resonant circuit of a Power Receiver

移动设备的设计要求 确定正确对齐横向移位的范围。

开关应该保持常闭就算是从次级线圈没有电源过来时

双谐振电路应该有一下谐振频率

$$f_s = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L'_s \cdot C_s}} = 100^{+x}_{-y} \text{ kHz}$$

$$f_d = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_s \cdot \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{C}\right)^{-1}}} = 1000^{\pm 10\%} \text{ kHz}$$

在这些方程式中, L'_s 是当次级线圈放在功率发射器上面的自身电感; L_s 是次级线圈没有电磁活性材料靠近时的自身电感 (例如 远离功率发射器的界面/感应面)。再者 x, y 的大小在谐振频率 f_s 上是 $x=y=5\%$ 当功率接收器在配置数据包指定一个最大功率值 $3w$ 或者以上, 其他所有功率接收器为 $x=5\%, y=10\%$ 。由次级线圈, 开关 (如果存在), 谐振电容 C_s 和谐振电容 C_d 构成的电路中的品质因数 Q , 值不能超过 77。下面是品质因数 Q 定义

$$Q = \frac{2\pi \cdot f_d \cdot L_s}{R}$$

带有直流电阻 R 的回路, 带有电容 C_s 和 C_d 的短路电路。

图4-4展示了被用来确定次级线圈自身电感 L'_s 的环境。初级屏蔽罩用 TDK 公司的 PC44。初级线圈屏蔽罩为方形, 边长 50mm, 厚度 1mm。次级线圈的中心和初级线圈屏蔽罩的中心要对齐, 从次级线圈界面/感应面到初级线圈屏蔽罩的距离 $d_z = 3.4\text{mm}$ 。只有功率接收器设计在顶部加装屏蔽罩, 其他移动设备的组件也会影响次级线圈的电感当确定谐振频率时---如图4-4那个磁芯。激发信号被用来确定 L_s 和 L'_s 是否有个 1V RMS 的幅值和 100kHz 的频率。

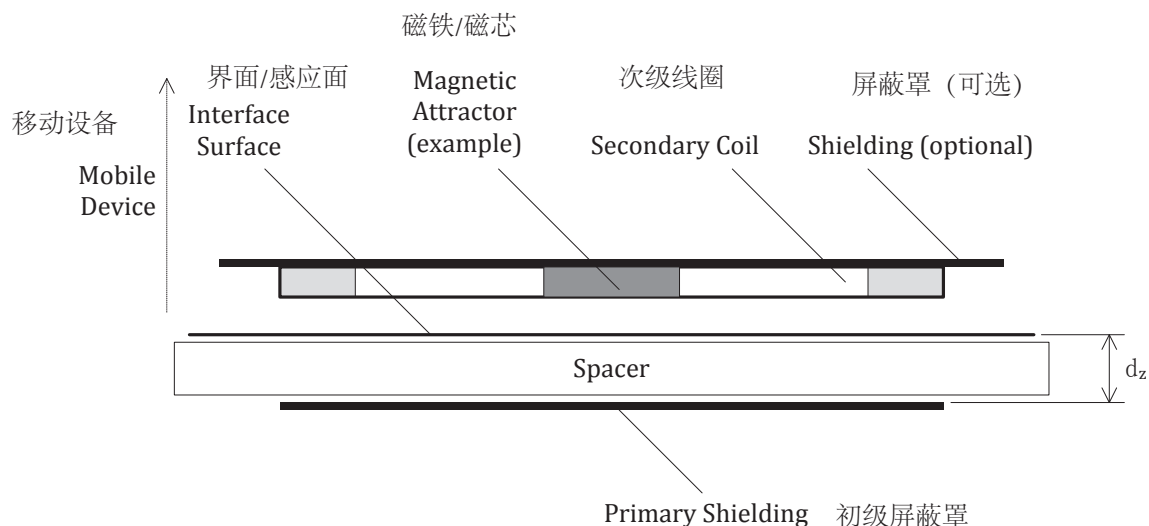


Figure 4-4: Characterization of resonant frequencies

4.2.2.2 整流电路

整流电路需用全波整流转换 AC 变成 DC 电源

4.2.2.3 感测电路

功率接收器需在谐振电路输出直接监视 DC 电压 V_r 。

4.2.2.4 通讯调制器

功率接收器必须有调制初级子感应区电流和电压的方法如小节6.2.1。无线传输系统描述 第1卷 第1部分，留下了一个可供选择的功率接收器负载方法。典型的例子包括 功率接收器DC端电阻负载调制，功率接收器AC端电容负载调制。

4.2.2.5 输出断开

功率接收器必须有方法断开它的输出和与子系统的链接，如果功率接收器断开了它的链接输出，也要确保它仍然能够获取足够的功率（电源）从功率发射器哪里，这样功率接收器和发射器的通讯仍然可行。（参考小节6.2.1）

功率接收器应该保持输出断开状态，直到它到达功率传输阶段---数字Ping后的第一次（参考小节5）随后，功率接收器控制输出断开开关何时功率发射器申请（应用）一个功率信号，这也意味着功率接收器可能保持它的输出连接如果它从功率传输阶段恢复的识别配置阶段。

（注意 功率接收器可能 经历一个电压高峰，当控制输出断开开关时）

(Informative) 注意双谐振电路如图4-3，没有禁止通讯调制器直接在次级线圈实现。

5 系统控制

5.1 介绍

从一个系统控制透视说起，功率传输从功率发射器到功率接收器有4个阶段，即 ---选择阶段--ping---识别/配置---功率传输。图5-1表达各个阶段的联系。实心箭头表示 以功率发射器为起始的过渡，虚线箭头表示以功率接收器为起始的过渡。根据定义，如果功率发射器没有申请（应用）一个功率信号，系统就是在选择阶段。这意味着任何从其它阶段的过渡 到 选择阶段，包含功率发射器移除功率信号。

没有应答终止数字 ping

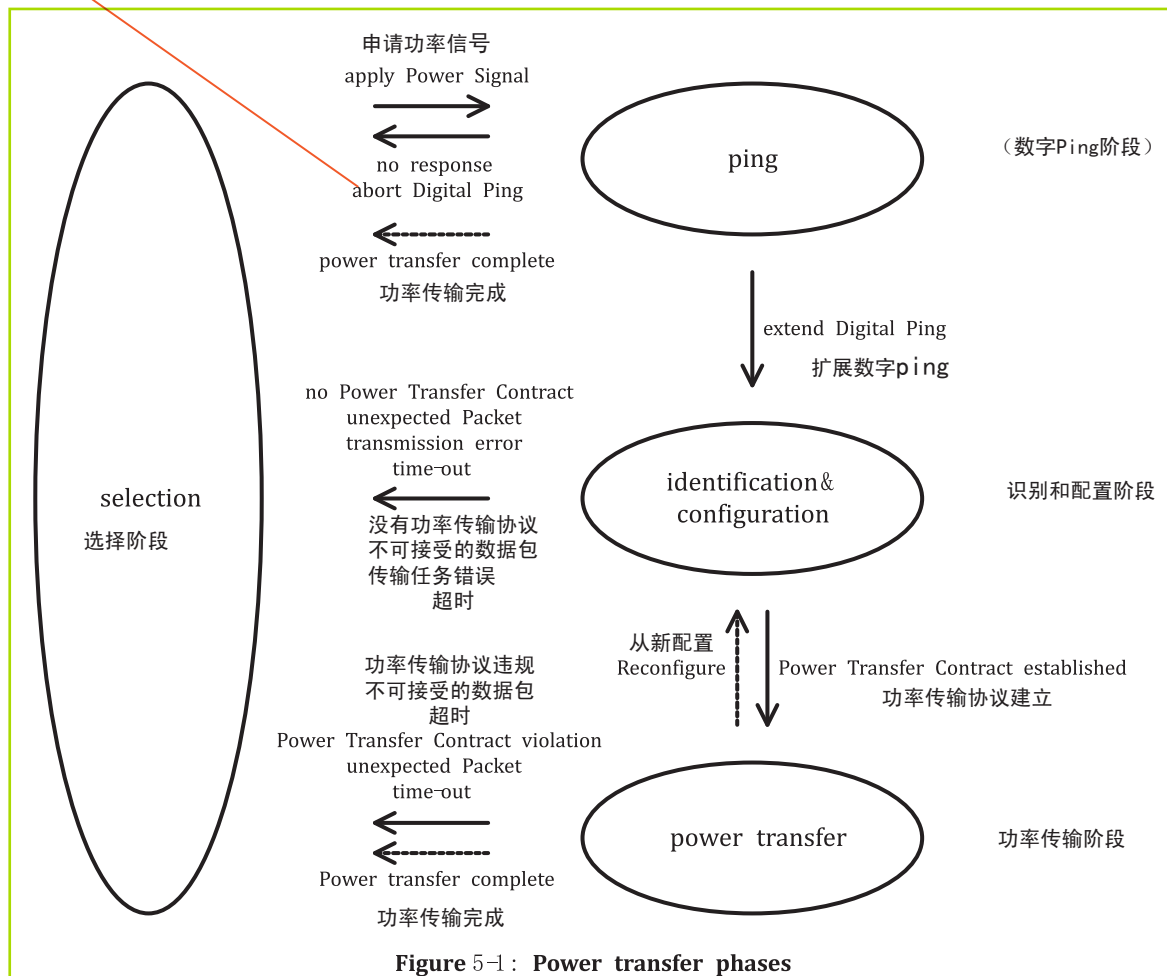


Figure 5-1: Power transfer phases

每个阶段主要动作如下

选择阶段，功率发射器主要监测界面/感应面对象的定位和移除。功率传输器可能要用到多种方法为达到这个目的。参考附录实例B。如果功率发射器发现一个或更多的对象，它应该尝试锁定这些对象--尤其在它支持自由定位的情况下。另外功率发射器应该尝试区分功率接收器和外界物体像硬币 钥匙 等。此外，功率发射器应该为功率传输尝试去选择功率接收器。如果起初功率接收器没有足够的为了这些目的信息，功率发射器可能要反复的执行Ping 和随后到 识别 配置阶段---每次选择不同的初级子感应区---在收集到相关的信息后回复选择阶段。参考附录例子C。最后，如果功率发射器选择一个它打算用来功率传输到功率接收器的初级子感应区，

功率发射器进入Ping阶段--最终到功率传输阶段。另一方面，如果功率发射器没有选择一个功率接收器进行功率传输---过了一段时间还有没有有效的提供功率给功率接收器--功率发射器应该进入待机模式运行[参考第2部分]工作模式执行要求。

- ☒ ping 这个阶段，功率发射器执行数字Ping，并监听回答。如果功率发射器发现了一个功率接收器，功率发射器可能会延长数字ping,也就维持功率信号在数字ping的等级。这样让系统进入识别和配置阶段，如果功率发射器没有延长数字ping，系统要回到选择阶段。
- ☒ 识别/配置阶段，功率发射器辨别选择的功率接收器，获得配置信息例如功率接收器将要在它的输出端输出最大功率。功率发射器用这个信息创建一个传输协议。功率传输协议包含一些限制---功率传输中的一些参数被用来描述功率传输在功率传输阶段。在进入功率传输阶段之前的任何时间功率发射器有可能终止延长数字ping,---例如发现另外的功率接收器，这会让系统回到选择阶段。
- ☒ 功率传输阶段，功率发射器连续的提供功率到功率接收器，整个阶段响应它从功率接收器得到的控制数据调整初级线圈电流。功率发射器监测包含在功率传输协议里的参数。这些参数里任何违反协议规定的将导致功率发射器终止功率传输---系统回到选择阶段。最后系统可能也会离开功率发射器要求的功率传输阶段。例如，功率接收器可以要求终止功率传输---电池充满的时候---系统回到选择阶段，或者要求从新判断功率传输协议---用最小的功率转入缓慢充电状态---系统回到识别/配置阶段。

小节5.2用一个功率发射器透视图定义了 ping,识别/配置，功率传输阶段的系统控制协议。小节5.3用一功率接收器透视图定义了4个阶段的系统控制协议。注意，在无线传输系统描述 第1卷 第1部分没有定义在选择阶段的系统控制协议。还要说明--从功率传输的角度来看---整个选择阶段功率接收器保持被动状态。

在任何时候用户可能移走正在充电的移动设备。功率发射器能识别 通讯超时 从功率接收器或者从违反功率传输协议。结果是功率发射器终止功率传输，系统回到选择阶段。

整个狗狗了传输阶段，功率发射器和功率接收器控制功率大小的传输。图5-2展示了功率控制循环的原理图，主要工作如下：功率接收器在移动设备上选择一个它想要的控制点--想要的输出电流和者输出电压，温度测量等，另外功率接收器确定它真实的控制点，注意功率接收器可能用任何靠近去确定一个控制点，再者功率接收器可能改变这个靠近在传输阶段的任何时间，用想要得到的控制点和真实的控制点，功率接收器计算控制错误值---例如（相关）两个输出电压或电流的不同---如果功率接收器为了达到它想要的控制点要求较少的功率，结果是否定的，如果要求较多的功率达到控制点结果就是肯定的，随后功率接收器传输这个控制错误值给功率发射器。

```
graph TD
    subgraph Power_Receiver [Power Receiver]
        A[Select desired Control Point  
选择想要的控制点] --> C[Calculate Control Error Value  
计算控制误差值]
        B[Determine actual Control Point  
确定真实的控制点] --> C
        D[Power Pick-up Unit  
功率接收单元] --> B
    end

    subgraph Power_Transmitter [Power Transmitter]
        E[Determine new Primary Cell current  
初级子电流] --> F[Control towards new Primary Cell current  
控制接近新的初级子感应区电流]
        F --> G[Set new Operating Point  
设置新的工作点]
        G --> H[Power Conversion Unit  
功率转换电源]
        I[Determine actual Primary Cell current  
确定真实的初级子感应区电流] --> E
    end

    C -.-> J[Control Error Packet  
控制误差数据包]
    J --> E
    H -.-> D
```

The flowchart illustrates the power control system between a Power Receiver and a Power Transmitter. The Power Receiver section includes the following steps: Select desired Control Point (选择想要的控制点), Determine actual Control Point (确定真实的控制点), and Calculate Control Error Value (计算控制误差值). The Power Transmitter section includes: Determine new Primary Cell current (初级子电流), Control towards new Primary Cell current (控制接近新的初级子感应区电流), Set new Operating Point (设置新的工作点), Power Conversion Unit (功率转换电源), and Determine actual Primary Cell current (确定真实的初级子感应区电流). The process starts with the Power Receiver selecting a desired control point, which is then determined as the actual control point by the Power Pick-up Unit. The Power Receiver calculates the control error value, which is sent as a Control Error Packet to the Power Transmitter. The Power Transmitter then determines a new primary cell current, controls towards it, sets a new operating point, and the Power Conversion Unit converts the power. The Power Conversion Unit also provides feedback to the Power Pick-up Unit.

Figure 5-2: Power transfer control loop

纠正两个明显的翻译错误

1 rectification circuit 整流电路 有的地方翻译成校正电路了
2 inductance 电感 有些地方翻译成感应系数 不合理

李聪：翻译