

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2303-1 报告
(06/2015)

**利用非射频波束技术
进行无线电力传输**

**SM系列
频谱管理**



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的作用是确保所有无线电通信业务，包括卫星业务，合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，并开展没有频率范围限制的研究，在此基础上通过建议书。

无线电通信部门制定规章制度和政策的职能由世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会完成，并得到各研究组的支持。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的知识产权政策在ITU-R第1号决议附件1引用的“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC共同专利政策”中做了说明。专利持有者提交专利和许可声明所需表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，该网址也提供了“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC共同专利政策实施指南”以及ITU-R专利信息数据库。

ITU-R 系列建议书

（也可在以下网址获得：<http://www.itu.int/publ/R-REP/en>）

系列	标题
BO	卫星传输
BR	用于制作、存档和播放的记录：用于电视的胶片
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定和固定业务系统之间频率共用和协调
SM	频谱管理

注： 本ITU-R报告英文版已由研究组按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版物
2016年，日内瓦

© 国际电联 2016

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

ITU-R SM.2303-1 报告

利用非射频波束技术进行无线电力传输

(2014-2015年)

目录

页码

1	引言	2
2	为利用WPT技术而开发的应用	2
2.1	便携和移动设备	2
2.2	家用电器和后勤物流应用	3
2.3	电动汽车	3
3	WPT应用中使用或附带的技术	4
3.1	便携和移动设备	4
3.2	家用电器	6
3.3	电动汽车	7
4	世界WPT标准化状况	10
4.1	国家标准制定组织	10
4.2	国际组织	12
5	频谱状况	19
5.1	WPT-工业、科学和医疗与短程设备频段之间的区别	19
5.2	用于国家级WPT的非ISM频段	20
5.3	用于国家级WPT的ISM频段	21
6	国家规则的状况	24
7	对WPT与无线电通信业务（包括射电天文学业务）之间共存问题研究的状况	31
8	WPT为人员带来的风险	42
9	小结	42
10	参考文献	43
	附件 1 – 射频照射的评估方法	44
	附件 2 – 利用6 765-6 795 kHz ISM频段对移动设备进行无线充电的实施方案	49
	附件 3 – WPT系统辐射噪声和传导噪声的测量数据	52

1 引言

本报告谈及有关带外辐射的频率范围和相关的潜在水平，在ITU-R内，尚未得到同意，有待进一步研究，以确定它们是否能够依据共存信道、邻近信道以及邻近频段准则，为无线电通信业务提供保护。本报告概述了当前的研发工作以及在某些区域正在开展的工作。

自19世纪以来，人类就着手开发无线电力传输技术了，它起步于感应技术。自2006年美国麻省理工学院（MIT）在非波束无线电力传输技术方面取得创新以来，无线电力传输（WPT）技术的开发“百花齐放”，例如，利用射频波束技术进行电力传输、利用磁场感应技术进行电力传输、利用共振传播技术进行电力传输等。WPT的应用正向移动设备与便携设备、家用电器与办公设备以及电动汽车等领域扩展，增加了许多新的特性，如自由放置充电设备等，一些技术要求可同时供多个设备充电。今天，感应式WPT技术正得到广泛的商业应用。如今，共振式WPT技术正走向消费市场。汽车工业期待WPT技术在不久的将来能够走入电动车（EV）应用领域。

对适合WPT以便获得所需传输功率水平和功率效率的频率、适用的线圈/天线物理尺寸等大都已规定。不过，现在正在对WPT与现有无线电系统共存等问题开展仔细研究，并指出，许多问题有待及时解决。一些国家以及无线电相关的国际组织正在探讨引入WPT技术所需的无线电规则。一些讨论结果以及目前正在进行的讨论现在都是公开的，以便大家共享

例如，关于WPT的亚太电信组织（APT）调查报告[1]和关于WPT的报告[9]提供了APT各成员国关于WPT规则问题讨论的最新信息，以便考虑是否引入这种技术。

本报告提供了利用非射频波束技术进行无线电力传输（WPT）的信息，作为对ITU-R 210-3/1问题的部分答案。

本报告包括国家规定的信息，但这些信息并没有任何国际监管的色彩。

2 为利用WPT技术而开发的应用

2.1 便携和移动设备

2.1.1 针对移动电话和便携式多媒体设备等移动设备的感应式WPT

感应式WPT使用感应技术，用在以下应用中：

- 移动和便携设备：手机、智能手机、平板电脑、笔记本电脑；
- 视听设备：数码相机；
- 商用设备：手持式数字工具、桌面系统；
- 其它：照明设备（如LED）、机器人、玩具、车载设备、医疗设备、保健设备等。

这种类型的某些技术可能需要准确的、相对电源的设备定位。一般来说，待充电的设备应与电源接触，如电源托盘。假设运行中的辐射功率范围为几瓦到几十瓦。

2.1.2 针对移动电话、智能手机、平板电脑和便携式多媒体设备等移动设备的共振式WPT

共振式WPT使用共振技术，比感应技术有更大的空间自由。对任何不带校准技术的定向（x-y和z），共振技术用在以下应用中：

- 手机、智能手机、平板电脑、笔记本电脑、可穿戴设备；
- 数码相机、数字摄像机、音乐播放器、便携式电视；
- 手持式数字工具、桌面系统、照明设备（如LED）、机器人、玩具、车载设备、医疗设备、保健设备等。

附件2描述了这种类型WPT技术的一个例子。

2.2 家用电器和后勤物流应用

对便携式和多媒体设备，该应用可能需要WPT类似的特性和问题。不过，通常它们使用比之更高的功率。因此，在一些国家可能需要额外的规则依从性。

随着CE电器如大屏幕电视之工作功率的提高，WPT对这些产品需要更高的充电功率，即100 W以上，在一些国家，在当前的监管类别和无线电政策下，这可能不会获得认证。

根据家用电器和WPT后勤物流应用的类型，可以采用磁感应和磁共振方法。应用如下：

- 家用电器应用：家用电器、家具、炊具、搅拌器、电视、小型机器人、视听设备、照明设备、医疗设备等。
- 后勤物流应用：后勤物流仓库中的储料器、医疗设备、LCD和半导体生产线的架空传送线、自动引导车辆（AGV）系统等。

根据应用设备的消耗功率，工作功率有望在几百瓦到几千瓦的范围内。考虑到射频辐射、照射和系统性能，适当的频段应在6 780 kHz以下。

2.3 电动汽车

用于电动车（包括插电式混合动力电动汽车（PHEV））的WPT的一个概念是，在有WPT的任何地方，无需电缆就可为汽车充电。

充电功率可能取决于用户的要求。在大多数使用情况下，对家里车库中的载客汽车而言，3.5 kW或相当的充电功率是可被接受的。不过，一些用户若想快速充电或者其汽车有特殊的使用目的，那么可能需要更大的功率。20 kW或更大功率范围现也正在考虑中。

充电功率可能取决于重型车辆的要求。在重型车辆使用情况下，最初可能需要75 kW的等效充电功率。100 kW或更大功率范围也正在考虑中。

只有当用于电动车的WPT成为一种无处不在的电源时，它才有可能带来电动车电池大小的减小和无限的驱动力。

汽车充的电将用于驱动汽车、为汽车附属的设备供电、为汽车空调以及汽车必备的其它设备供电。

停车和开车时的WPT技术和应用都应考虑在内。

3 WPT应用中使用或附带的技术

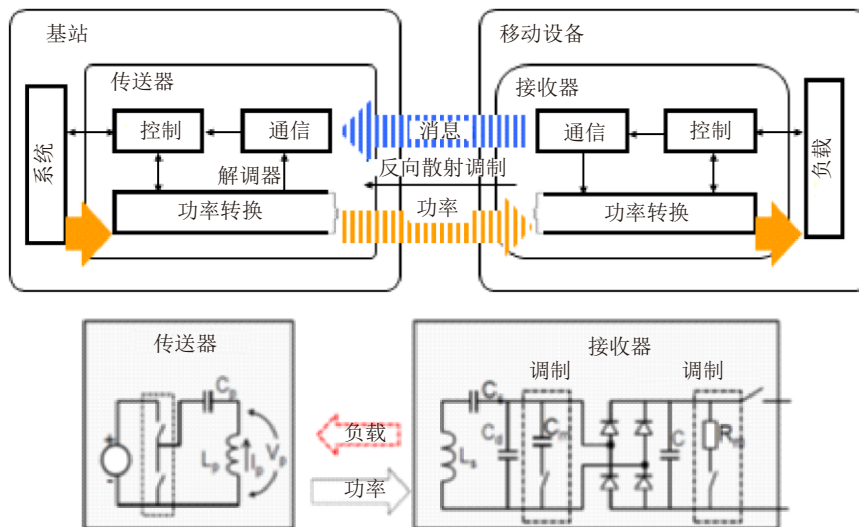
3.1 便携和移动设备

3.1.1 磁感应WPT技术

磁感应WPT技术是一种众所周知的技术，在变压器中已经用了很长时间，变压器中的初级线圈和次级线圈感应地耦合，例如通过使用一个共用的导磁心。初级线圈和次级线圈物理隔离、通过空气的感应电力传输也是一种众所周知的技术，已有一个多世纪的历史了，也称为紧耦合的WPT。这种技术的一个特征是，电力传输的效率下降，如果通过空气的距离大于线圈直径，以及如果线圈不在偏距内。电力传输的效率取决于电感器之间的耦合系数（ k ）及其质量（ Q ）。相比磁共振方法，这种技术可以获得更高的效率。这种技术已在智能手机充电领域实现商业化。利用一个线圈阵列，这种技术还能使发射器灵活地确定接收线圈的位置。

图3.1

磁感应WPT系统框图样例



SM.2303号报告-2303-3-01

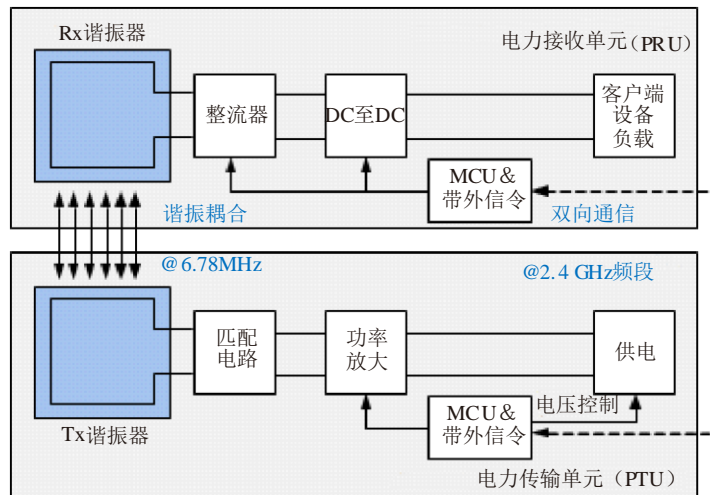
3.1.2 磁共振WPT技术

磁共振WPT也称为松耦合WPT。这种磁共振方法的理论基础于2005年第一次由麻省理工学院（MIT）提出，并于2007年得到实验验证[3]。该方法使用一个线圈和电容器作为谐振器，通过发射器线圈与接收器线圈之间的电磁共振（磁共振耦合）来传输电力。通过用高 Q 系数来匹配两个线圈的共振频率，可以实现远距离传输电力，当中两个线圈之间的磁耦合很低。磁共振WPT可以在几米远的距离上传输电力。该技术还能使发射线圈灵活地确定接收器线圈的位置。

实际的技术细节可以在许多技术论文中找到，例如，在参考文献[3]和[4]中的技术论文。

图3.2

磁共振WPT系统框图样例



SM.2303号报告-2303-3-2

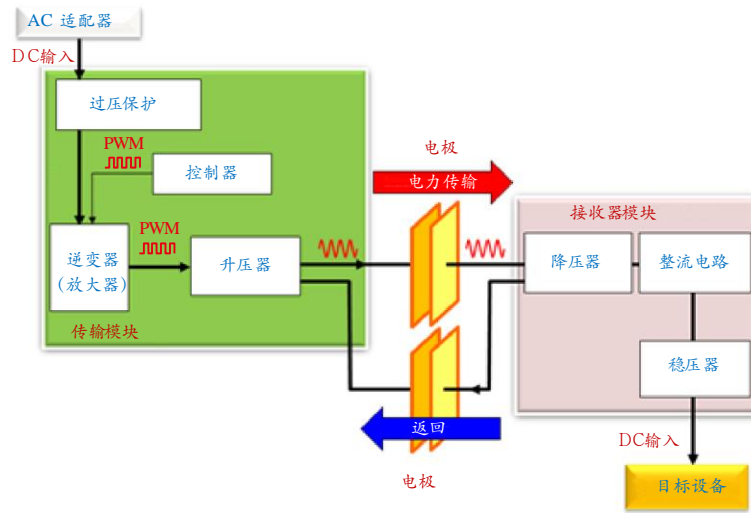
3.1.3 电容耦合WPT

电容耦合WPT系统有两组电极，不使用线圈作为磁类型的WPT系统。通过耦合两组电极产生的感应场来传输电力。电容耦合系统有如下一些优点。图3.3和图3.4分别显示了系统框图和典型结构。

- 1) 电容耦合系统用一个易于使用的充电系统，为最终客户提供了水平位置自由度。
- 2) 在系统的发射器与接收器之间可以使用非常薄（小于0.2 mm）的电极，因此适合集成进纤小的移动设备中。
- 3) 在无线电力传输区域不产生任何热量。这意味着在无线电力传输区域温度不会有任意的升高，从而防止电池变热，即使装置就放在附近。
- 4) 因其耦合系统的结构而保证了较低水平的电场辐射。电场的辐射源自用于电力传输的电极。

图3.3

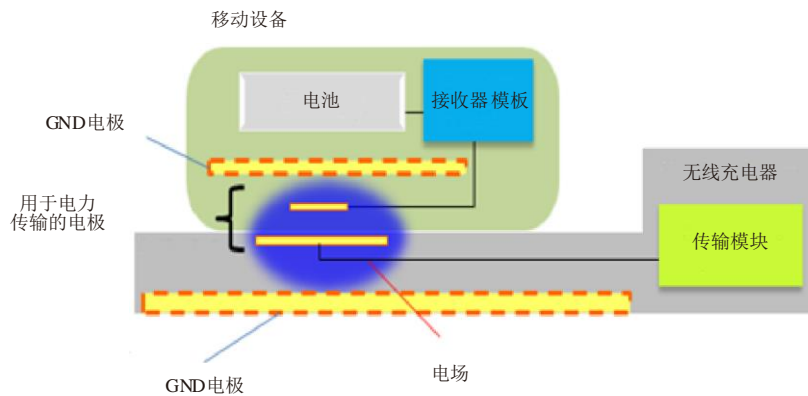
电容耦合WPT系统框图



SM.2303号报告-2303-3-03

图3.4

电容耦合系统的典型结构



SM.2303号报告-2303-3-04

3.2 家用电器

感应电源（发射器）可以独立存在或者被集成在厨房柜台顶部或餐桌上。这些发射器可以结合WPT而成为一个带有传统感应加热功能的电器。

对家用电器应用而言，功率电平通常为几千瓦，负载可以是马达驱动的或加热类型的。未来的产品将支持超过2 kW的功率以及一些新的设计提案，正在对无绳形式的厨房电器开展调查。

考虑到家庭中高功率的使用情况，最好频率在几十kHz，以限制电磁照射人体。通常使用高可靠性的设备，如IGBT，这些设备的工作频率范围为10-100 kHz。

用在厨房中的产品必须满足安全性和电磁场（EMF）要求。除了成本要低之外，发射器重量要轻、尺寸要小，这是一个关键问题，以便适合厨房使用。发射器与接收器之间的距离应小于10 cm。

以下图片显示了无线电力厨房用具的例子，它们将很快进入市场。

图3.5
无线供电的厨房电器



紧耦合的搅拌器



紧耦合的电饭锅

SM.2303号报告-2303-3-05

WPT系统已经集成进半导体和LCD面板的生产线中，以下图片显示了有关例子：

图3.6
LCD、半导体生产线和厨房WPT系统使用案例



(LCD生产线的WPT架空百叶窗)

(半导体生产线的WPT架空传送线)

(公寓的WPT厨房岛)

SM.2303号报告-2303-3-06

3.3 电动汽车

磁场无线电力传输 (MF-WPT) 是标准化讨论过程中的焦点之一，如用于电动车的WPT的IEC PT61980和SAE J2954TF，包括PHEV，尽管存在若干类型的WPT方法。用于EV和PHEV的MF-WPT既包含感应类型，也包含磁共振类型。利用线圈与电容器之间的共振，通过磁场，可以高效地将电力从初级线圈传给次级线圈。

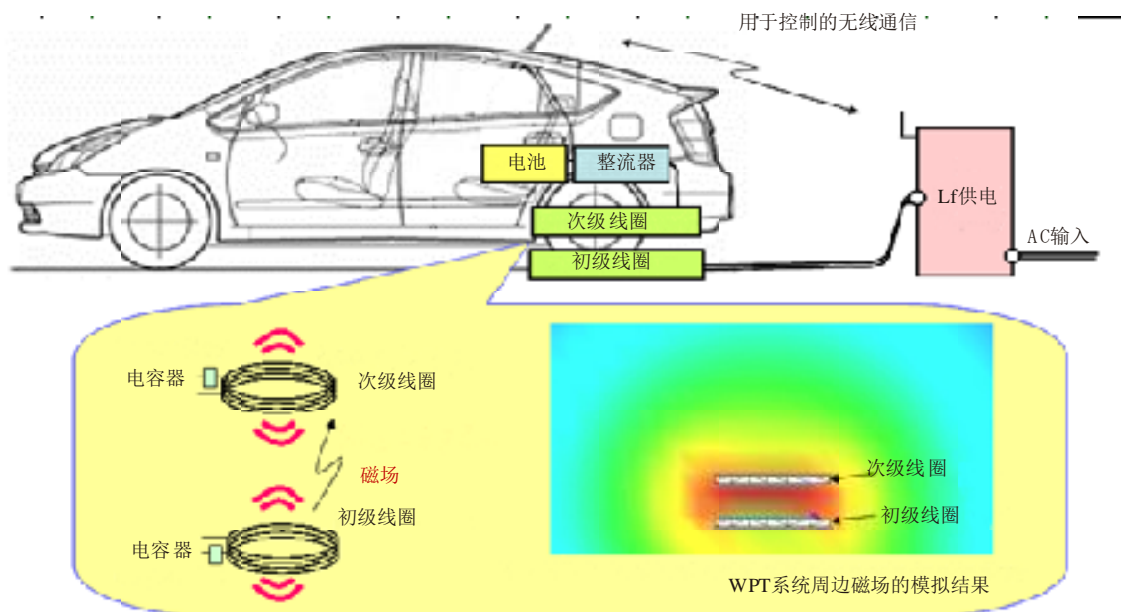
对预期的载客车辆应用，有以下几方面假设：

- 1) WPT应用：从住所电源插座与/或公共电力服务系统到EV和PHEV的电力传输。
- 2) WPT使用场景：在住宅、在公寓、在公共停车场等。
- 3) 在车辆上使用电力：所有的电力系统，如充电电池、电脑、空调等。

- 4) WPT使用场景样例：载客车辆的一个样例如下图所示。
- 5) WPT方法：一个用于EV/PHEV的WPT系统至少有两个线圈。一个在主设备中，另一个在副设备中。电力将通过磁通量/磁场从主设备传给副设备。
- 6) 设备位置（线圈位置）：
 - a) 主设备：在地面上或/与地面中。
 - b) 副设备：在车辆的较低面上。
- 7) 初级线圈与次级线圈之间的空隙：小于30 cm。
- 8) 传输功率类别的例子：kW、6 kW、20 kW。
- 9) 安全：只有当副设备位于WPT的适当区域中时，主设备才可以开始传输电力。当难以保证输电安全时，主设备必须停止输电。

图3.7

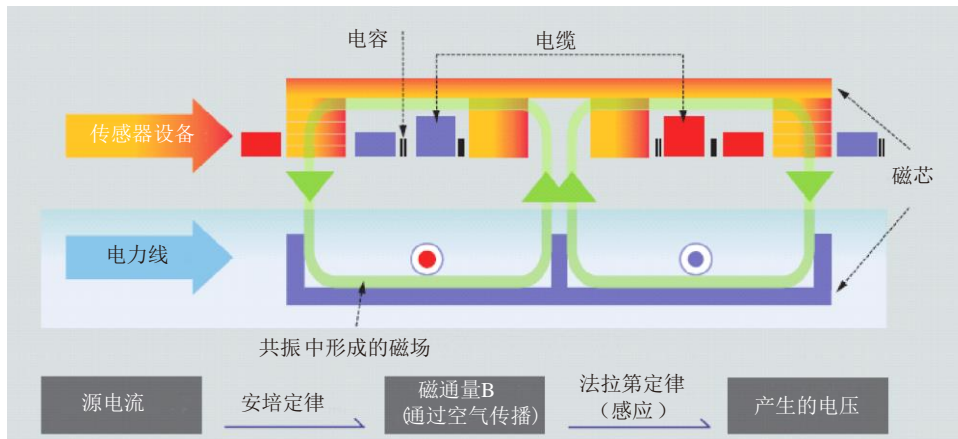
用于EV/PHEV的WPT系统样例



SM.2303号报告-2303-3-07

为了运行电动公共汽车等重型汽车，系统的基础设施嵌入路基的电条中，电条将通过磁技术将能量传输给上述依托电池供电的车辆。公共汽车可以沿着电条移动，而无需停下来进行充电，这被称为在线电动车（OLEV）。此外，公共汽车还可以在公共汽车站或公共车库中、在停车条件下进行充电。在游乐园或城市中的在线公共汽车是世界上第一个以电动车形式进行运行的重型汽车系统。

图3.8
在线电动车的技术特性



SM.2303号报告-2303-3-08

从发射线圈到接收线圈的磁场设计是WPT系统设计中的关键，以便获得最大的功率和效率。

首先，应利用共振的发射和共振线圈实现磁场共振，以便获得高的功率和效率。

其次，应利用如铁氧体磁芯等磁性材料来控制磁场形状，以便在磁场路径上获得最小的磁阻，从而获得更低的照射磁场和更高的传输功率。

它被称为SMFIR（共振中形成的磁场）。

图3.9
在线电动车样例



SM.2303号报告-2303-3-09

4 世界WPT标准化状况

4.1 国家标准制定组织

4.1.1 中国

在中国，CCSA（中国通信标准协会）已经为便携式设备制定了WPT标准，如移动站。2009年，CCSA TC9设立了一个新的研究报告项目“近场无线供电技术研究”。2012年3月，该项目完成，并形成有关无线供电技术的研究报告。2011年，CCSA TC9设立了两个标准项目：（1）用于无线供电（WPS）的电磁场（EMF）评估方法；（2）用于WPS的电磁兼容性（EMC）限度和测量方法。这两个标准不久将颁布。

现在，有三个与技术要求和测试方法有关的新标准（第1部分：通用；第2部分：紧耦合；第3部分：共振无线电力），安全要求制定工作已进入最后的草案状态。将设立越来越多与无线电力传输有关的标准项目。目标产品为音频、视频和多媒体设备、信息技术设备、电信设备。

这些标准集中于性能、无线电频谱和接口。按计划，标准不会涉及知识产权问题。一般来说，这些标准成为强制性标准的可能性很低。

标准可以定义新的标识，以便确定产品属于标准的哪一部分（第2/3部分）。

中国国家标准化管理委员会（SAC）正计划设立一个有关WPS的国家标准化技术委员会（TC）。工业和信息化部（MIIT）所属的中国电信研究院（CATR）一直在推动它。该TC负责制定用于移动电话、信息技术设备、音频、视频和多媒体设备的WPS国家标准。

考虑到CCSA在标准/指南/规则制定方面的计划与/或时间线，EMC和EMF标准不久将颁布。技术要求标准的第1部分已经获得批准，第2部分、第3部分和安全要求标准将在2014年完成。

在中国，面向无线供电家用电器的国家SDO于2013年11月设立，并计划制定国家标准。此外，安全和性能等方面的其它问题也正在讨论中。

4.1.2 日本

BWF（宽带无线论坛，日本）的WPT工作组正在负责起草WPT技术标准，利用ARIB（无线电行业和企业协会）起草协议。BWF制定的标准草案将送ARIB批准。BWF已对用于所有应用和技术的WPT频谱进行深入的技术研究。目前，以下WPT技术正纳入标准化的工作线和时间线。前三项的传输功率小于50 W，计划在2015年批准。

- 电容耦合WPT；
- 使用微波二维波导板的WPT；
- 用于移动/便携设备的、使用6 765-6 795 kHz的磁共振WPT；
- 用于家用电器和办公设备的磁共振WPT；
- 用于EV/PHEV的WPT。

除了制定和评估电力传输无线电波的规定之外，还正在考虑控制信令传输机制。正在为面向全球市场的应用和产品考虑全球频谱协调事。

2013年6月，内政和通信部（MIC）在指导完成有关WPT新规定的目标指引下，在MIC的无线电波电磁环境分委员会下设立了无线电力传输工作组（WPT-WG）。WPT频段以及与现有频段共存问题的研究是WPT-WG的主题。鉴于WG的成果，MIC的信息通信理事会批准了有关制定关于WPT规则的报告，并于2015年发布。第6章中有进一步的信息。结果将体现在WPT标准制定工作中。

4.1.3 韩国

MSIP（科学、信息通信技术和未来规划部）及其RRA（国家无线电研究局）是韩国负责WPT规则的部门机构。制定WPT标准的主要标准化组织如表4.1所示。

表4.1

韩国的标准化活动状况

名称	URL	状况
KATS	http://www.kats.go.kr/en_kats/	正在进行的： - 多设备充电管理
KWPF	http://www.kwpf.org	正在进行的： - WPT有关的频谱 - WPT有关的监管 - 基于磁共振的WPT - 基于磁感应WPT 已经完成的： - 用例 - 服务场景 - 功能要求 - WPT带内通信 - WPT控制管理
TTA	http://www.tta.or.kr/English/index.jsp	已经完成的： - 用例 - 服务场景 - 效率 - 评估 - WPT带内通信 - WPT控制管理 正在进行的： - 基于磁共振的WPT - 基于磁感应的WPT

4.2 国际组织

涉及WPT标准化及其相关活动的一些国际组织如表4.2所示。

表4.2

WPT相关的国际组织

组织名称	活动
CISPR（无线电干扰国际特别委员会）	CISPR SC-B（与ISM射频设备、架空电力线等有关的干扰）在对WPT进行讨论。如果需要的话，其它的SC也会对WPT进行考虑。 SC-B于2014年6月成立了一个任务组，目的是制定相关规范
IEC TC 100	有关WPT的技术调查报告： – IEC TC 100阶段0项目 – 完成调查：2012年7月 – 正在起草技术报告
IEC 61980 (IEC TC 69)	IEC TC 69（电动公路车辆和电动工业卡车）WG4，连同ISO TC22（公路车辆），讨论用于汽车的WPT。 – IEC 61980-1：一般要求 – IEC 61980-2：通信 – IEC 61980-3：磁场电力传输
ISO 19363 (ISO (TC22/SC21))	ISO 19363：磁场无线电力传输 – 安全性和互操作性要求（公开提供规范-PAS） – 于2014年初确立 – 具体目标是制定对汽车一侧部分提出具体要求的标准 – 与IEC 61980和SAE J2954十分接近
ISO/IEC JTC 1 SC 6	WPT的带内物理层和MAC层协议： – ISO/IEC JTC 1 SC 6 – 2012年1月批准工作项 – 随WD（工作文档）发行
CEA（消费电子协会）	CEA R6-TG1（无线充电任务组）讨论WPT和相关问题。
SAE（汽车工程师协会）	自2010年以来，WPT标准化变得越来越活跃。对OEM厂商提出的规定进行了评审。IEC计划在2013–2014年完成标准化工作。目前，正在考虑特定频段的选择问题，以便未来做出决定。2013年11月，SAE轻型、电动和即插即用电动汽车无线电力传输（WPT）国际J2954™任务组就轻型汽车的“85 KHz操作频段”和三种功率等级达成了一致

组织名称	活动
A4WP	非辐射、近距离和中距离磁共振耦合（高度共振耦合）（松耦合WPT）。 – 2012年完成基线技术规范 – 2013年1月发布其技术规范（版本1）
WPC	跨一系列功率水平的、紧耦合的感应耦合解决方案。 网站列出了120多个成员和80个认证产品，包括配件、充电器和设备 – 2010年7月发布技术规范发布（版本1）
CJK WPT WG	CJK信息技术会议WPT工作组。 共享在低功率和高功率WPT研究和调查领域的信息。 – 2013年4月发布CJK WPT技术报告 – 2014年春发布CJK WPT技术报告 – 于2015年3月发布了CJK WPT技术报告

4.2.1 IEC CISPR

从监管的角度来看，IEC CISPR可将WPT应用区分为：

- a) 在特定工作频率上提供无线电力传输而无额外数据传输功能的WPT应用；
- b) 也对额外数据传输功能使用WPT频率（频段）或者与辅助设备进行沟通的WPT应用；
- c) 使用其它频率而非WPT用于额外数据传输功能或者与辅助设备进行沟通之频率的WPT应用。

但从CISPR的角度（无线电接收的防护），没有必要区分WPT应用a)或b)。在这两种情形下，此类WPT应用的射频干扰（RFI）潜力将只由其主要功能决定，即由给定频率（或者给定频段）上的无线电力传输决定。

由于CISPR标准提供已经成套的限值和测量方法（用于控制来自WPT的、想要的、不想要的和杂散的辐射）。根据项a)和项b)，我们相信，足以继续应用这些标准。显然，这些标准可用于电器和电子产品通用EMC有关的规则中，如用于ISM应用。

根据项c)，对WPT应用，有关通用EMC的现有规则应继续用于主WPT功能（根据b)项，如果有的话，包括额外的数据传输功能）。独立地，更多的无线电规则可用于工作于非WPT频率上的任何无线电数据传输或通信中。在这种情况下，也可考虑应用有关无线电设备的其它EMC和功能标准。应总是开展以下评估工作，即根据上述项c)，就一般情况下的无线电接收防护以及与其它无线电设备或服务的兼容性/共存性，对WPT应用总的RFI潜力进行评估。这种评估应由应用WPT系统各无线电通信部件或模块的各自CISPR标准、EMC和功能标准组成。

应用这些标准的通常方法是将之用于类型测试。而后依据国家或区域规则，可以使用这种类型测试的结果作为“类型批准”主管部门批准该类型的基础，或者用于其它类型的符合性评估和申报。

CISPR提议的、WPT之电力电子设备分类的情况以及在区域与/或国家规则中使用CISPR EMC辐射标准的情况如表4.3所示。该提案对CISPR 14-1（家用电器、电动工具和类似设备）、CISPR 15（照明设备）和CISPR 32（多媒体和广播接收器设备）范畴内的WPT应用也是适用的。对它们而言，参考CISPR 11（ISM设备）将由参考这些相关的CISPR标准所取代。

在CISPR 11范畴内，CISPR将扩展有关电力电子WPT设备的适用性要求，在CISPR 14-1、CISPR 15和CISPR 32范畴内，对WPT应用，未来将在某点上做适当调整。当前，只有CISPR 11在150 kHz-1 GHz或至18 GHz的频率范围内，分别为有关WPT应用的类型测试提供了一整套辐射要求。

在控制9 kHz-150 kHz频率范围内WPT设备的传导和辐射干扰过程中，CISPR意识到了在其CISPR标准中存在的共同差距。如果在议的WPT设备真正使用在此频率范围内分配的基本频率或工作频率，那么控制这些辐射将是一个重要的问题。

仅供参考：CISPR/B同意澄清CISPR 11中的第2组分类，以涵盖WPT设备，如下所述：

第2组设备：第2组包含所有的ISM射频设备，在这些设备中，9 kHz-400 GHz频率范围内的射频能量是有意生成的，并以电磁辐射、感应与/或电容耦合形式，用于或仅用于材料处理、检验/分析或者传播电磁能量。

这个经修正的定义可在CISPR/B/598/CDV中找到，2014年在全国选举期间获得批准。它涵盖了CISPR 11第5.1版（2010年）的项目总体维护（GM）部分，并将提供CISPR 11第6.0版。如果最终获得批准，那么CISPR 11的该第6版将在2015年夏颁布。它将涵盖：

- a) 第2组设备扩展的和完成的定义还包括任何类型的电力电子WPT产品；
- b) 截至目前获得批准的、有关电力电子WPT产品类型测试性能的基本辐射限值集和测量方法。

请注意：CISPR标准由适当的测量方法组合以及适用射频范围内适当的传导与/或辐射干扰许可限值组成。对第2组设备，目前CISPR 11对150 kHz-18 GHz频率范围内的此类要求做了规定。它们也适用于所有类型的电力电子WPT设备，目前为默认状态。

CISPR迫切建议认可旨在验证是否符合这些CISPR辐射要求的类型测试报告，作为“类型批准”，用于在相同WPT频率上有或没有额外数据传输或通信功能的WPT应用（也可参见表4.3中的情形1和情形2）。

表4.3

**有关提供无线电力传输（WPT）的功率电子设备分类
并供区域与/或国家规则中CISPR EMC
辐射标准使用的CISPR建议书**

情形	相关规定	监管者也用的 其它规定	适用的基本要求/标准		
			EMF	EMC	电台
1 没有数据传输 或通信功能的 WPT系统	EMC 用于ISM电 器的ITU-R 《无线电规 则》（RR）	ITU-R SM.1056- 1建议书	IEC 62311 （IEC 62479）	IEC/CISPR 11 第2组 （如果可用 的话，或者 是更特殊的 IEC产品 标准）	N/A
2 在传输能量相 同频率上具有 数据传输或通 信功能的WPT 系统	EMC 用于ISM电 器的ITU-R RR	ITU-R SM.1056- 1建议书	IEC 62311 （IEC 62479）	IEC/CISPR 11 第2组 （如果可用 的话，或者 是更特殊的 IEC产品 标准）	不是必需 的应用
3 在传输能量不 同频率上具有 数据传输或通 信功能的WPT 系统	EMC 用于ISM电 器的ITU-R RR	为最终评估WPT电子系统WPT功能的RFI潜能，对情形1和情形2建议采用规则。			
	有效利用射 频频谱 用于电台设 备的ITU-R RR	为最终评估WPT电子系统（基于无线电的）信号/控制与/或通信功能，可额外采用有关有效利用射频（RF）频谱的国家与/或区域规则（如许可证发放与/或一致性评估）。对类型测试，可采用适当的、有关电台设备的国家或区域标准，如依据ITU-R SM.2153-1（近距离无线电通信设备）。			

情形3：如果伴随数据传输或通信，WPT设备利用非WPT工作频率进行操作，那么：

- a) 就射频范围内来自WPT的、任何想要的、不想要的和杂散的辐射而言，根据ITU-R SM.1056-1建议书，WPT功能符合相关CISPR产品标准中规定的EMC辐射要求，应被推定与视为符合有关EMC的现有国家与/或区域规定；

- b) 就可归因于无线电数据传输与/或通信功能的、任何想要的、不想要的和杂散的辐射而言，数据传输与/或通信功能符合国家与/或区域规则 and 标准（用于控制射频频谱的高效使用）中规定的、有关无线电设备的EMC和功能要求，应被推定与视为符合有关无线电设备或模块（作为WPT系统的一部分）的、现有的国家与/或区域规定。

在情形3中，接受测试的WPT系统被认为是多功能设备。如果证明各类型的WPT设备均符合在相关CISPR（或其它IEC）标准中规定的、基本的EMC辐射（和免疫）要求，那么应授予“类型批准”，关于其WPT功能，请参见a）。授予“类型批准”的另一个先决条件应该是，已证明作为WPT系统有机组成部分的无线电设备或模块，符合各国家或区域无线电设备规则 and 标准中规定的、有关无线电设备的、基本的EMC和功能要求。

CISPR现注意到了国家与/或地区监管当局在类型批准、合规评估和许可证发放方法以及操作许可和现场使用WPT应用等方面存在矛盾。

显然，对情形2中的短距离无线电设备（SRD），欧洲当局可以单独应用欧洲监管框架，而美国的联邦通信委员会（FCC）表示，工作于9 kHz以上频率中的WPT设备将被视为有意的辐射器，因此将受制于FCC规则的第15部分与/或第18部分。具体的适用规则部分取决于设备如何工作，以及充电器与被充电设备之间是否存在通信。

表4.4包含关于欧洲当前规定的概述。应注意到，TCAM（欧洲委员会电信符合性评估和市场监管委员会）在其2013年2月召开的会议上批准了欧洲SDO CENELEC和ETSI提供的这些提案。关于为何批准这些提案，TCAM表示，当前的欧洲规定适用于所有现在和未来的WPT电器类型。

在情形2下，对在WPT频率上有或没有额外数据传输功能以及带任何额定吞吐功率的电力电子WPT设备类型，只要证明该类型WPT设备满足EN 55011中规定的、有关第2组设备的辐射要求（参见情形2a），就可接受单独引用EMC指令的符合性声明（DoC）。此外，情形2b为DoC单独引用R&TTE指令提供了可能，只要证明所议WPT设备满足有关无线电通信设备的、各统一的EMC和ETSI功能标准即可。

表4.4

有关EMC和射频（RF）频谱高效使用的欧洲规则
（TCAM、CEPT/ERC、SDOs ETSI和CENELEC）

情形	相关指令	监管者也用的 其它规定	适用的基本要求/标准		
			EMF	EMC	电台
1 没有数据传输 或通信功能的 WPT系统	EMC 指令	无	EN 62311 (EN 62479) 或者其它适用 的、列于低电 压指令之下的 OJEU标准	IEC/CISPR 11 第2组 (如果可用的 话, 或者是更 特殊的 CENELEC标 准)	N/A
2a 在传输能量相 同频率上具有 数据传输或通 信功能的WPT 系统 (任何的功率 传输率)	EMC指令	无	如上	如上	不是必需的应 用
注: 目前, 可以基于EN 55011, 在射频频率范围的一个相同频率上, 对具有或没有额外数据传输或通信功能的功率电子WPT设备执行类型测试。只要在议的产品类型满足EN 55011中规定的辐射要求, 则对额定吞吐功率没有任何限制。 可以预期, CENELEC开始消除9 kHz – 150 kHz频率范围传导发射和辐射发射的、在EN 55011中所述的限度差距, 尤其对使用该频率范围上分配的基本工作频率的功率电子WPT设备。还可以预期, CENELEC开始为其它EMC产品标准中的WPT设备调整发射限度。					
2b 在传输能量相 同频率上具有 数据传输或通 信功能的WPT 系统 (有限的功率 传输率)	R&TTE 指令	无	有关电台设备 的EMF标准	有关电台设备 的EMC标准	有关电台设备 的功能标准
		9kHz <频段 <30MHz	EN 62311 (EN 62479)	EN 301 489-1/3	EN 300 330
		30MHz <频段 <1GHz			EN 300 220
		1GHz <频段 <40GHz			EN 300 440
注 – 可能的话, 对近距离无线电通信设备 (SRD) 的类型测试, 可结合使用ETSI标准EN 301 489-1/3和各自的ETSI功能电台标准, SRD可以在一个相同射频频上实现WPT和无线电数据传输或者无线电通信。 目前, 对具有WPT功能的SRD进行类型测试的可能性仍限制于相当低的额定功率吞吐水平上。ETSI正在开展工作以适应EN 300 330, 以便用在带WPT功能且功率吞吐率在几十瓦范围内的SRD的类型测试中。					

情形	相关指令	监管者也用的 其它规定	适用的基本要求/标准		
			EMF	EMC	电台
3 在传输能量不同频率上具有数据传输或通信功能的WPT系统	EMC指令	为最终评估相同频率上没有或具有数据传输功能的WPT功能的RFI潜能，分别采用情形1、情形2a或情形2b的规则。			
	R&TTE指令 (无线电通信功能)	无	有关电台设备的EMF标准	有关电台设备的EMC标准	有关电台设备的功能标准
		9kHz < 频段 < 30MHz	EN 62311 (EN 62479)	EN 301 489-1/3	EN 300 330
		30MHz < 频段 < 1GHz			EN 300 220
1GHz < 频段 < 40GHz	EN 300 440				
注 – 结合使用ETSI 标准EN 301 489-1/3只是一个例子，将用在能依据类型测试要求，为WPT产品提供数据传输与/或通信功能的SRD模块的类型测试中。 原则上，任何适合本地数据传输与/或无线电通信（在形成本地无线电力传输（WPT）系统的设备之间）目的的其它类型无线电应用都可使用。					

CISPR有志于以一种协调一致的方式在世界范围内推进额外的、有关WPT应用的区域或国家规则，建议对情形1、情形2和情形3中提出的方法进行调整。

如上所述，对9-150 kHz频率范围，在CISPR 11的基本辐射要求中，存在一定差距。不过，就目前而言，只是确认CISPR 11范围内WPT功率电子设备的最明显差距，这些设备使用150 kHz以下的工作（或基本）频率。因此，如果确定频率范围中的限度，那么最好只适用于此类WPT功率电子设备。

CISPR/B建议对任何WPT功率电子设备都采用现有的组2限度。若采用这种方式，CISPR/B无需就可能的、更多的ISM频段分配事咨询ITU-R的意见。

4.2.2 ICNIRP

国际非电离辐射防护委员会（ICNIRP）水平为全球接受的参考水平，对国家阈值与ICNIRP照射水平进行了比较。本材料指的是WPT的相关频段。第8章提供更多资料。

ICNIRP已经颁布了有关人体暴露于电磁场的指南。ICNIRP分别于1998年[7]和2010年[8]发布的这两个指南适用于WPT。这些指南描述了基本的限值和参考水平。照射限值基于所确定之健康效应直接相关的物理量，被称为基本的限值。在ICNIRP指南中，用于规定EMF照射基本限值的物理量为内部电场强度，原因是，是电场影响神经细胞和其它电敏感的细胞。不过，内部电场强度难以评估。因此，对实际的照射评估目的，将提供参考照射水平。

遵守参考水平将确保遵守相关的基本限值。如果测量得到的或计算得到的值超过参考水平，那么并不意味着将超过基本的限值。不过，当超过参考水平时，需要测试是否符合相关的基本限值，并确定是否需要额外的防护措施。ICNIRP电场和磁场照射参考水平在世界范围内被接受，对国家阈值与ICNIRP参考水平进行了比较。

WPT经营者可采取措施适当保护公众免受EMF影响。

最近对与日本射频泄露有关的WPT H场辐射进行了测量，如附件3所示。鼓励对WPT附近的场强做更多的测量。

5 频谱状况

5.1 WPT – 工业、科学和医疗与短程设备频段之间的区别

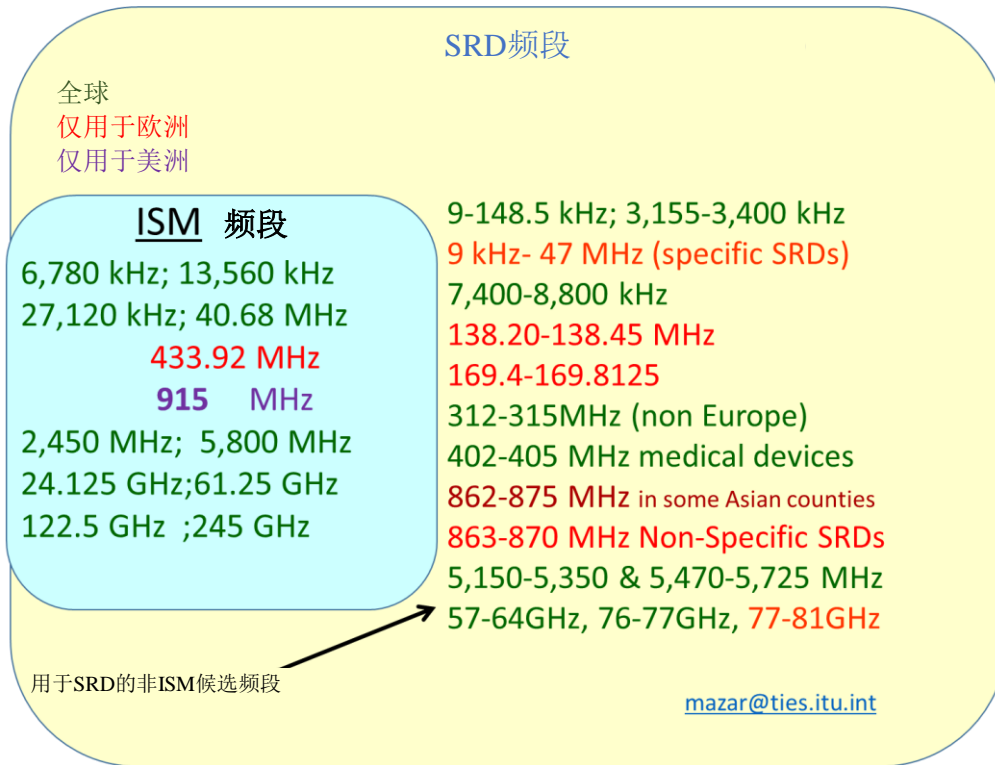
《无线电规则》第1.15款 – （射频能量的）工业、科学和医疗（ISM）应用：能在局部范围内产生射频能量并利用这种能量供工业、科学、医疗、家庭或类似领域用的设备或器械运用，但在电信领域内的运用除外。ISM射频频段主要由非电信应用使用，因此，WPT只有在拥有电信（数据通信）的功能，如蓝牙或ZigBee时才是短程设备（SRD）。WPT是有意辐射器。

WPT的能量传输功能是ISM：工业、科学和医疗；数据传输是短程设备。CISRP已建议，将WPT功能与可能是SRD的电信功能分别处理（见ITU-R SM.2303号报告第4.2节）。根据不同国家的规则，SRD通常作为非许可和无保护设备操作。

国际电联《无线电规则》第5.138-5.150款确定了ISM的射频频段。短程设备（SRD）的候选频段不同于ISM频段。按照ITU-R SM.1896建议书 – 短程设备（SRD）频率范围的全球或区域统一 – 附件1和2，ISM频段已构成充分条件，但并非必须统一SRD的操作。所有的ISM频段都可为短程和电子设备提供服务。然而，SRD也在非ISM频段操作。ISM频段可为WPT的能量传输服务；SRD频段可以潜在的成为国家、区域或全球WPT的优选射频频段。下图具体说明国际电联不同区域的ISM频段以及不同区域用于SRD的非ISM候选频段。

图5.1

用于SRD的ISM和非ISM候选频段*



*来源: Mazar, 2015 [12]

5.2 用于国家级WPT的非ISM频段

42-48 kHz

52-58 kHz

79-90 kHz

100 kHz-205 kHz

425 kHz-524 kHz

表5.1所示为正在研究的频段以及这些应用的关键参数。该表也提供了在议的、要求共存的现有系统。

(i) 磁感应

磁感应应用的预期频率范围是100-205 kHz。鉴于当前用例和技术条件，WPT操作有望符合有关辐射限值和射频照射限值的国内和国际规则与指南。

基于磁感应技术的一些产品已经引入一些国家中。

(ii) 高能磁感应

频率范围类似有关电动车应用的频率范围（如下所述）。

有许多现有的设备和系统（包括工作于类似频率的标准时钟电台和铁路电台系统，以及高功率磁感应应用），因此开展对共存问题的研究是必要的。

(iii) 电容耦合

电容耦合WPT系统最初的设计目的是供频率范围425-524 kHz使用。传输功率水平小于100 W。关于频率选择，有以下几个理由。

第一个理由是平衡效率和设备尺寸。例如，有许多组成部分是为在此频段上工作而设计的，例如，逆变器、整流器等，这导致更多样化的、具有低损耗性能的组成部件，它们优化了WPT设备设计。变压器是电容耦合WPT系统的关键组成部分。变压器的性能取决于铁氧体材料的Q值，可在此频率范围内对此进行优化。因此，电容耦合系统总的效率约为70%–85%。

第二个理由是能够抑制电场中不想要的辐射，以便与邻近频段中的现有设备共存，如调幅广播。已经对425-524 kHz频率范围中的电容耦合WPT系统频谱屏蔽情况进行检查和演示，以便满足调幅广播和其它服务的共存条件。

(iv) 电动载客车辆

在本章中，“电动车”这个词意味着电动汽车和插电式混合动力电动汽车（PHEV）。

BWF、IEC、SAE和JARI已对停止状态的电动车WPT做了考虑。各方普遍认为，在高功率电路设计中，20-200 kHz频率范围在实现高效率能量传输方面具有优势。

在日本，子频段42-48 kHz、52-58 kHz、79-90 kHz、140.91-148.5 kHz是与现有应用频谱共享和共存问题研究的重点。已经在全世界范围内进行了现有频谱使用情况的密切调查，以便缩小候选频谱的范围，从而尽可能减少对现有应用产生的干扰。自2015年5月起，已将79-90 kHz范围用作无线EV（电动汽车）的充电频率范围。同样，SAE国际J2954任务组已同意将81.38-90.00 KHz用于轻型汽车的WPT。

(v) 重型电动车

2011年5月，韩国政府将频率20 kHz（19-21 kHz）和60 kHz（59-61 kHz）分配给了在线电动车（OLEV）。在韩国，这些频率可用于任何类型的车辆，不论它是重型车辆还是载客车辆。现在，OLEV系统正在进行试验，在一个站点上发放了许可证。

5.3 用于国家级WPT的ISM频段

6 765 - 6 795 kHz

13.56 MHz

(i) 磁共振

在一些国家，6 765-6 795 kHz支持低功率的磁共振WPT。在《无线电规则》No.5.138中，6 765-6 795 kHz被指定为一个ISM频段。

在日本，传输射频功率限制至50 W的ISM设备可使用该频段，而无需许可。正在研究一个新的WPT设备“类型批准”规则，这可能允许传输功率大于50 W。

6 765-6 795 kHz为何更适于磁共振WPT技术的原因概括如下：

- ISM频段。
- 若干标准制定组织正在制定用于6 765-6 795 kHz的WPT标准。
- WPT组成部件的物理尺寸可能会比较小，例如，功率发射器线圈和接收器线圈。
在韩国，13.56 MHz频段用于WPT充电的3D眼镜，以便观看3D电视。

表5.1

**用于移动/便携设备和家用/办公设备的、WPT系统中
正在研究的频率范围、关键参数、现有系统**

	磁感应 (低功率)	磁共振耦合	磁感应 (高功率)	电容耦合
应用类型	移动设备、平板电脑、笔记本电脑、微机	移动设备、平板电脑、笔记本电脑、微机	家用电器、办公设备（包括较高功率的应用）	便携设备、平板电脑、笔记本电脑、微机
技术原理	共振磁感应	高共振		经由电场的WPT
考虑的国家	日本、韩国商用	日本、韩国	日本	日本
考虑的频率范围	日本： 110-205 kHz	日本： 6 765-6 795 kHz	日本： 20.05-38 kHz, 42-58 kHz, 62-100 kHz	日本： 425-524 kHz
国家制定的频率范围	韩国： 100-205 kHz	韩国： 6 765-6 795 kHz		
考虑的功率范围		日本： 几瓦至100 W	日本： 几瓦到1.5 kW	日本： 至100 W
优势	全球统一的频谱 较高的电力传输效率	<ul style="list-style-type: none"> - 可能的全球频谱可用性 - 接收端放置和距离的灵活性 - 发射器可同时为若干接收器供电 	<ul style="list-style-type: none"> - 提高功率 - 接收端放置和距离的灵活性 - 发射器可同时为若干接收器供电 	高效（70 - 85%） <ul style="list-style-type: none"> - 电极上不会产生任何热量 - 低辐射水平 - 水平位置自由度

表 5.1 (结束)

	磁感应 (低功率)	磁共振耦合	磁感应 (高功率)	电容耦合
应用领域	便携设备、CE、工业领域、特定领域	便携设备、平板电脑、笔记本电脑、微机（低功率）	家用电器（高功率）、办公设备	便携设备、平板电脑、笔记本电脑、微机、家用设备、办公设备
有关的联盟/国际标准	无线电力联盟（WPC）[6]	A4WP [4]		
频谱共享的相关现有系统		日本： 移动/固定无线电系统 韩国： ISM频段	日本： 标准时钟电台（40 kHz、60 kHz）、 铁路电台系统（10-250 kHz）	日本： 调幅广播（525-1606.5 kHz）、海上电台/NAVTEX（405-526.5 kHz）、业余电台（472-479 kHz）

表5.2

用于电动车的、WPT系统中正在研究的
频率范围、关键参数、现有系统

	载客电动车的磁共振与/或磁感应	重型车辆的磁感应
应用类型	泊车时电动车充电（静态的）	在线电动车（OLEV）（移动中电动车充电，包括停车/泊车）
技术原理	磁共振与/或磁感应	磁感应
考虑的国家	日本	韩国
频率范围	79-90 kHz	19-21 kHz, 59-61 kHz
功率范围	3.3 kW和7.7 kW；假定类别为载客车辆。	<ul style="list-style-type: none"> - 最小功率：75 kW - 正常功率：100 kW - 最大功率：正在研发 - 空间间隔：20 cm - 节约时间和成本
优势	较高的电力传输效率	<ul style="list-style-type: none"> - 提高电力传输效率 - 最大化空间间隔 - 降低听得见的噪声 - 有效的屏蔽设计 - 节约时间和成本

表5.2 (结束)

	载客电动车的磁共振 与/或磁感应	重型车辆的磁感应
有关的联盟/国际 标准	IEC 61980-1 (TC69) ISO 19363 (ISO (TC22/SC21)) SAE J2954	
频谱共享的相 关现有系统	标准时钟电台 (40 kHz、60 kHz) 铁路电台系统 (10-250 kHz) 业余电台 (135.7-137.8 kHz) AM广播 (526.5-1 606.5 kHz)	固定的海上移动设备 (20.05-70 kHz) →用于无线电报的船上站点 限于双曲线无线电导航设备 (DECCA) (84-86 kHz)

6 国家规则的状况

对中国、日本和韩国而言，可用于WPT频率和正在进行之规则制定工作的、国家特定的规则和条件可参见参考文献[1]和[5]。

i) 韩国

所有的无线电通信设备（包括WPT设备）都应符合《无线电波法案》下的三个规则：

1) 技术规则；2) EMC规则；3) EMF规则。以下是韩国关于技术规则的进一步解释。

WPT设备作为ISM设备来监管，功率超过50 W的设备需要运行许可证。对50 W以下的设备，需要遵守有关弱电场强度和EMC测试技术规则的要求。最近，韩国政府对符合性要求和工作特性进行了修订，如下所示，当中所有的WPT设备均被视为ISM设备。

- 在100-205 kHz频率范围内，3米处的WPT设备其电场强度小于或等于500 uV/m。该值应通过测量指南（指的是CISPR/I/417/PAS）获得。
- 在6 765-6 795 kHz频率范围内，杂散辐射的电场强度应满足表6.1的要求。
- 在19-21 kHz、59-61 kHz频率范围内，100米处的电场强度小于或等于100 uV/m。

表6.1

韩国用于WPT的场强限度

频率范围	场强限制（准峰值）	测量带宽	测量距离
9 - 150 kHz	78.5 - 10 log(f in kHz/9) dB μ V/m	200 Hz	10 m
150 - 10 MHz		9 kHz	
10 - 30 MHz	48 dB μ V/m	120 kHz	
30 - 230 MHz	30 dB μ V/m		
230 - 1000 MHz	37 dB μ V/m		

表6.2

韩国用于WPT的规则

功率水平	应用名称	所用技术规则	相关WPT技术
低功率 (≤ 50 W)	ISM设备 – 使用频率范围100-205 kHz的WPT设备	弱的电场强度	– 使用感应技术的商用产品
	ISM设备 – 使用频率范围6765-6795 kHz的WPT设备	ISM	– 考虑使用共振技术的产品
低功率 (≥ 50 W)	使用频率范围19-21 kHz、59-61 kHz的ISM设备	ISM	– 安装在特定区域 – SMFIR (共振中形成的磁场)

ii) 日本

a) 发射限制

2015年，MIC的信息通信理事会批准了有关为使用6.78 MHz（电磁耦合）、400 kHz频段（电容耦合）的移动装置和EV的WPT系统制定规则的报告。该报提出了发射限制，并通于2013年第4季度至2014年度第3季度进行的WPT性能模拟和测量给出评估结果。为了进行性能调查和规则方面的考虑，该报告还提供了发射测量模型和测量方法。参考模拟和测得数据，进行了与现有应用共存（频谱共用）的研究，以证明不产生有害干扰。

2105年1月，使用6.78 MHz和400 KHz频段移动装置的WPT技术得到演示，证明与现有应用可以共存，因此，该报告得到批准。

2015年5月，相关演示表明，用于EV的WPT技术在有条件协议下与现有系统实现共存。然而，功率更高（ <1.5 ）的家庭/办公设备的WPT尚未能满足共存要求。

该报告在具体规定感应和辐射限制时，主要提到了表6.3中所述的CISPR标准（国际规则统一）。CISPR的最新讨论结果可以在日本的WPT发射限制中得到参引和容纳。对于一些特殊情况，各方一致认可了更多的国内共存条件。

在移动装置WPT发射限制方面，将CISPR 11 B类作为了主要参考限制；在进行综合多媒体装置发射评估时，可考虑CISPR 32。表6.4、6.5和6.6具体总结这些发射限制。

日本的规则规定，对于传输功率不超过50W的装置，不要求管理者赋予操作权限。迄今为止，使用6.78MHz和400kHz频段的移动装置的WPT技术均被假设为传输功率不超过50W的情况。预计在新规则于2015年生效后，这些技术都会将传输功率加大到50W以上。

表6.3

日本具体规定发射限制所参考的标准和条件

拟以技术	传导发射		辐射发射			
	9-150 kHz	150 kHz-30 MHz	9-150 kHz	150 kHz-30 MHz	30 MHz-1 GHz	1-6 GHz
(a) EV的WPT (3 kW等级和7 kW等级)	未做近期规定 (*1)	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1)	WG 共存条件 (*1)	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*4) WG 共存条件	CISPR 11 2类 (5.1版 (Ed.))	未规定
(b) 使用6.78 MHz 移动装置的WPT (< 100 W)	未规定, 因为该范围不符合相关频段	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	未规定	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2), (*3), (*4) WG 共存条件	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 32 (Ed. 1.0) WG 共存条件	CISPR 32 (Ed. 1.0)
(c) 家庭/办公设备的 WPT (< 1.5 kW)	CISPR 14-1 附件B (Ed. 5.2)	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) CISPR 14-1 附件B (Ed. 5.2)	CISPR 14-1 附件B (Ed. 5.2) WG 共存条件	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2), (*3), (*4) CISPR 14-1 附件 B (Ed. 5.2) WG 共存条件	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 14-1 (Ed. 5.2)	未规定
(d) 移动装置2的WPT (电容耦合) (< 100 W)	未规定, 因为该范围不符合相关频段	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	未规定	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2), (*3), (*4) WG 共存条件	CISPR 11 2类 (Ed. 5.1) (*2) CISPR 32 (Ed. 1.0)	CISPR 32 (Ed. 1.0)

注:

(*1) 如果未来在CISPR 11中予以规定, 则再次讨论相关规范。

(*2) 如果WPT功能装置在无主装置 (host device) 的情况下工作, 则首先需应用CISPR 11, 其他作为次要规范应用。

(*3) 除非对所使用的具体频率做出其他规定, 否则需首先应用CISPR 11, 其他作为次要规范应用。

(*4) 对于CISPR 11 2类 B级, 10米距离的发射限制的规定是在3米距离发射限制基础上做出的。

(*5) A/B级的分类符合CISPR 的定义。

(*6) 在 (b) 和 (d) 中规定为CISPR 32的情况中, 必要时应用了CISPR 32, 因为CISPR 32非常适宜。

表6.4

日本为使用6.78 MHz的移动装置（电磁耦合）规定的WPT发射限制

WPT目标应用	传导发射限制		基波辐射发射限制	其他频段的辐射发射限制			
	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	6.765-6.795 MHz	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz - 1 GHz	1-6 GHz
(b) 使用6.78 MHz的移动装置的WPT	未规定	0.15-0.50 MHz: 准峰值 66-56 dBuV (随着log(f)成线性下降) 平均 56-46 dBuV (随着log(f)成线性下降) 0.50-5 MHz: 准峰值 56 dBuV, 平均 46 dBuV 5-30 MHz: 准峰值 60 dBuV, 平均 50 dBuV, ISM频段除外	6.765-6.776 MHz: 44.0 dBuA/m at 10 m (伪准峰值); 6.776-6.795 MHz: 64.0 dBuA/m at 10 m (准峰值)	未规定	以 CISPR 11.5.1版为基础, 转换为10米距离的数值, 随log(f)发射限制成线性下降(从0.15 MHz上的39 dBuA/m到30 MHz上的3 dBuA/m。 例外1: 20.295-20.385 MHz: 4.0 dBuA/m at 10 m (准峰值) 例外2: 10 m 时 526.5-1 606.5 kHz: -2.0 dBuA/m (准峰值)	以CISPR 11.5.1版为基础, 并应用了下列数值: 30-80.872 MHz: 30 dBuV/m; 80.872-81.88 MHz: 50 dBuV/m; 81.88-134.786 MHz: 30 dBuV/m; 134.786-136.414 MHz: 50 dBuV/m; 136.414-230 MHz: 30 dBuV/m; 230-1 000 MHz: 37 dBuV/m 如采用CISPR 32(1.0版), 则应应用表A.5中3米的限制。 例外情况: 10 m 时 33.825-33.975 MHz: 49.5 dBuV/m (准峰值)	如果应用CISPR 32(1.0版)(1), 则应采用(1)表A.5中3米的限制

表6.5

日本使用400 kHz频段的移动装置（电容耦合）的WPT发射限制

WPT目标应用	传导发射限制		基波辐射发射限制	其他频段的辐射发射限制			
	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	425-471 kHz; 480-489 kHz; 491-494 kHz; 506-517 kHz; 51-524 kHz	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz - 1 GHz	1-6 GHz
(d)使用400kHz的移动装置的WPT（电容耦合）	未规定	0.15-0.50 MHz: 准峰值 66-56 dBuV (随着log (f) 成线性下降) 平均 56-46 dBuV (随着log (f) 成线性下降) 0.50-5 MHz: 准峰值 56 dBuV, 平均 46 dBuV 5-30 MHz: 准峰值 60 dBuV, 平均 50 dBuV, ISM频段除外	以 CISPR 11. 5.1版为基础, 转换为10米距离的数值, 随 log (f) 发射限制成线性下降 (从 0.15 MHz上的 39 dBuA/m到 30 MHz上的 3 dBuA/m)	未规定	以 CISPR 11. 5.1版为基础, 转换为10米距离的数值, 随 log (f) 发射限制成线性下降 (从 0.15 MHz上的 39 dBuA/m到 30 MHz上的 3 dBuA/m) 例外: 10 m 时526.5 kHz -1 606.5 kHz: -2.0 dBuA/m (应用准峰值)	以CISPR 11 5.1版为基础, 并应用了下列数值: 30-80.872 MHz: 30 dBuV/m; 80.872-81.88 MHz: 50 dBuV/m; 81.88-134.786 MHz: 30 dBuV/m; 134.786-136.414 MHz: 50 dBuV/m; 136.414-230 MHz: 30 dBuV/m; 230-1 000 MHz: 37 dBuV/m 如果应用 CISPR 32 (1.0版), 则应用表A.5中3米的限制	如果应用 CISPR 32 (1.0版) (1), 则应采用 (1) 表 A.5中3米的限制

表6.6

日本EV应用的WPT发射限制

WPT目标应用	传导发射限制		基波辐射发射限制	其他频段的辐射发射限制			
	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	79-90 kHz	9-150 kHz	150 kHz - 30 MHz	30 MHz - 1 GHz	1-6 GHz
EV充电的WPT	未规定	0.15-0.50 MHz: 伪准峰值 66-56 dBuV (随着log(f)成线性下降) 平均 56-46 dBuV (随着log(f)成线性下降) 0.50-5 MHz: 准峰值 56 dBuV, 平均 46 dBuV 5-30 MHz: 准峰值 60 dBuV, 平均 50 dBuV, ISM频段除外	10米距离时 68.4 dBuA/m (准峰值)	10米距离时 23.1 dBuA/m (准峰值), 79-90 kHz除外	以 CISPR 11.5.1版为基础, 转换为10米距离的数值, 随log(f)发射限制成线性下降 (从0.15 MHz上的39 dBuA/m到30 MHz上的3 dBuA/m) 例外1: 对于158-180 kHz, 237-270 kHz, 316-360 kHz, 和3 965-450 kHz, 发射限制高于 (1) 10 dB。 例外2: 用于526.5-1 606.5 kHz, -2.0 dBuA/m (准峰值)	在 CISPR 11 5.1版本的基础上, 应用了下列数值: 30-80.872 MHz: 30 dBuV/m; 80.872-81.88 MHz: 50 dBuV/m; 81.88-134.786 MHz: 30 dBuV/m; 134.786-136.414 MHz: 50 dBuV/m; 136.414-230 MHz: 30 dBuV/m; 230-1 000 MHz: 37 dBuV/m	未规定

b) 射频暴露评估

日本应用无线电辐射保护导则 (RRPG) 评估WPT系统是否符合人体射频暴露标准。RRPG推荐的导则可用于评估人们在使用无线电波而导致人体电磁场暴露 (10 kHz至300 GHz的频率范围), 以确保电磁场是安全的, 不会对人体造成不必要的生物影响。这些导则所含的数值涉及到电磁强度、评估电磁场的方法以及减少电磁场造成干扰的保护方法。

RRPG用于WPT系统的指导性数值属于普通环境中的行政导则, 适用的情况是人体电磁场暴露无法被认识到、无法预期进行适当控制且存在不确定因素。例如, 居民在普通住宅环境中暴露于电磁场就属于这种情况。

然而，如果人体位于在10 kHz至100 kHz频率范围操作的WPT系统20厘米内，则不适用有关人体部分吸收的导则，而适用RRPG的基本导则。

基本导则并未将一般环境与专业环境加以区分，因此，在应用一般导则时，采用行政导则中计算安全的1/5因素（电磁场强和电流强度的 $1/\sqrt{5}$ ）。

评估方法提供是否符合RRPG的评估模式（Patterns），后者提供指导性数值和导则。评估模式通过下列参数的组合确定。每一种目标WPT技术（如，使用6.78 MHz的移动装置的WPT和EV的WPT）均有独立的评估模式。

- 1) 人体距离WPT系统< 20厘米的可能性或处于发射与接收线圈之间。
- 2) 接触危险保护。
- 3) 无接地状况。
- 4) 人体全身的平均SAR。
- 5) 部分人体的SAR。
- 6) 感应电流强度。
- 7) 接触电流。
- 8) 外电场。
- 9) 外磁场。

各目标WPT技术的最简单评估模式包括上述8)和9)，也就是最简单的参数组合。在评估中，该最简单模式假设人体吸收无线电波能的最差（最大）情况。换言之，估计人体的射频暴露大大超过实际暴露数值，此后，评估结果将大大低于WPT系统允许的发射功率。

其它模式包含更多数量的参数组合。随着被采用参数的加大，评估方法也要求进行更详细的评估，从而得出更准确的射频暴露估算值。一些进行详细评估的模式应用耦合因素，该因素与测得的最大磁场强度相乘，以确认射频暴露低于导则所述数值。导则还提供了耦合因素的衍生方法。

如果任何模式中使用目标WPT技术之一的系统在演示中显示出符合导则规定数值的话，则该系统被视为符合RRPG。

如果未来用于评估的一种新评估方法能得到适当工程方式的支持或能证明可酌情改善适用的评估方法，则可用于此目的。

正如本节结尾处所述，在RRPG方面，各方已同意在低频率范围情况下采用ICNIRP 2010导则。因此，应确定人体暴露的数量，以便在100 kHz至10 MHz频率范围内，不仅避免SAR导致细胞组织发热，而且避免刺激神经。

iii) 中国

本节按照相关定义、频率范围和对不同无线电装置的限制，说明中国目前针对WPT装置和WPT无线通信技术进行的分类以及监管分析（无线电监管制度的规定）。

a) WPT装置的分类和监管分析

中国目前尚未发布有关WPT的官方规则，因此，涉及SRD的规则涵盖了所有的WPT频段。有鉴于此，为了保护现有的无线电通信系统，WPT装置必须通过一种与SRD装置相同的入市（market entrance）测试。然而，从长远角度讲，采用监管SRD的方法监管WPT并不恰当，因此，目前正在进行下列有关WPT分类和监管研究工作。由于研究尚处初始阶段，所以不排除不同的监管和分类方法。

a-1) ISM装置

a-1-1) 从频率范围和定义角度做出的分析

根据中国的无线电规则制度，ISM装置被定义为：使用射频能量的、用于工业、科学、医疗、家庭和类似目的的设备或器械，不包括用于电信、信息技术和其它国家标准涵盖的设备。WPT装置是使用射频能量的家庭或工业领域设备，因此，WPT装置可列入ISM装置范围。

根据中国的有关ISM的规则^[10]，ISM装置根据其应用被分为两类：(1) 为发挥自身功能有意产生和/或使用传导耦合射频能量的所有ISM装置；(2) 为进行材料处理有意产生或使用电磁射频能量的所有ISM装置，包括EDM和电弧焊接设备。此外，每一类又按照其应用情形分为两个分类：(A) 不在家庭中使用或不直接与住宅内低压电力设施连接的ISM装置；(B) 在家庭内使用或直接与住宅内低电压电力设施相连的ISM装置。

按照与CISPR11:2003等同的中国有关ISM的规则^[10]，无论6.675-6.795 MHz频率范围内的WPT是否属于ISM的频率范围，都不需要获得中国无线电管理局的专门许可。然而，其他WPT频率范围则不属于ISM的频率范围。

上述分析表明，如果得到许可，则6.675-6.795 MHz频段内的WPT装置属于第2类ISM装置的B类装置。

a-1-2) 从限制角度做出的分析

按照中国有关ISM的规则^[10]，也考虑到了6.675 MHz-6.795 MHz频段内ISM装置的带内功率传输限制。此外，其杂散辐射需满足表6.7所示的电磁场辐射扰动限制。

表6.7

2类ISM装置的B分类设备的电磁辐射扰动限制

频率范围/MHz	2类ISM装置B分类设备的扰动限制/dB(μ V/m) (在10米距离上测得)
0.15-30	—
30-80.872	30
80.872-81.848	50
81.848-134.768	30
134.768-136.414	50
136.414-230	30
230-1 000	37

(中国有关ISM的标准 – GB4824-2004 – 等同于CISPR 11:2003。1类ISM设备是产生和/或使用传导耦合射频能量的设备。2类ISM设备是有意以电磁辐射形式产生和/或使用射频能量的设备)

从以上分析可以看出,如果获得许可,则6.675-6.795 MHz频段内的WPT装置按照中国2类ISM装置B分类设备予以管理。此外,按照中国目前的无线电规则,其他频段的WPT系统不能按照有关ISM设备的规则管理。

a-2) 短程装置 (SRD)

a-2-1) 从频段范围和定义角度做出的分析

按照中国的无线电监管制度^[11],SRD分为A到G 7个类别,其中A到D类设备的工作频段为30 MHz以下。A类的频段为9-190 kHz。B类的频段和WPT的工作频段并不重叠。C类的频段包括6.675-6.795 MHz。工作频段为315 kHz-30 MHz的D类包含所有的SRD,但A类、B类和C类除外。因此,除190-205 kHz频段外,所有的WPT工作频段都属于SRD频率范围。此外,第一代WPC的WPT装置的频段部分超出了A类SRD频段的范围。所以,从频率角度讲,除工作于190-205 kHz频段的WPT装置外,所有的WPT装置都属于SRD的范围。

中国现行的无线电监管制度中未对SRD做出定义。尽管如此,现行行政管理规则^[11]也为一般性微功率(短程)无线电发射设备做出了规定。WPT装置的功率传输不属于无线电发射类传输,其绝大多数功率通过耦合、感应和其它技术传至接收机,而非采用到无线空间的能量辐射。有鉴于此,从定义角度讲,WPT装置不属于SRD的范畴。

就无线信号对环境的影响而言,可按照管理SRD的方法暂时对WPT装置进行管理。该行政管理方法可确保WPT装置对无线环境的影响不超出在相应频段中的SRD产生的影响。然而就长远角度讲,按照管理SRD的方法管理WPT装置并非适宜。

a-2-2) 从限制角度做出分析

按照相关规则^[6]，SRD仅需要满足磁场场强限制。以下表6.8给出A类SRD、C类SRD和D类SRD的磁场场强限值。

表6.8

A类SRD、C类SRD和D类SRD的磁场场强限制

类别	WPT装置的相应频段	磁场场强限制（10米）
A类SRD	9-190 kHz 第一代WPC的WPT装置的频段部分超出A类SRD频段的范围	72 dB μ A/m
C类SRD	6 765-6 795 kHz	42 dB μ A /m
D类SRD	425-524 kHz	-5 dB μ A /m

a-3) WPT装置分类和行政管理规则分析结果

总而言之，如果获得许可，则6.675-6.795 MHz频段的WPT装置可按照2类ISM装置B分类予以管理，其它频段的WPT装置可临时按照SRD管理。远期而言，有必要尽快划分WPT频段并制定有关WPT装置的电磁兼容（EMC）技术规范。

b) WPT装置无线通信部分的分析

为了确保次要WPT装置的存在，主要WPT装置在进行功率传输前，需要通过无线通信完成握手过程。该通信过程的特点是距离短、时间短且进行微功率传输，这与SRD的通信特点十分吻合。因此，如果WPT装置无线通信部分的工作频段在SRD频段范围内，则按照SRD对其进行管理。

7 对WPT与无线电通信业务（包括射电天文学业务）之间共存问题研究的状况

鉴于WPT系统可产生的高场强，有可能干扰工作于附近频段的通信信号。确定所需的WPT射频信号特性必须基于对WPT可能对其它服务造成的干扰的研究。此类研究以及因此而确定有关特性必须在为WPT分配频率之前完成。

图7.1和图7.2显示了日本正在考虑的WPT频谱以及韩国已经分配的WPT频谱[1]。对带有WPT系统的相关系统之间的频谱共享问题应该做出研究，以便弄清楚是否可共存。一些WPT设备被归类为ISM设备，这些设备不得造成对其它站的伤害，也不得声称有来自其它站的保护。

图7.1
所涉WPT频谱和现有系统 (10 - 300 kHz)

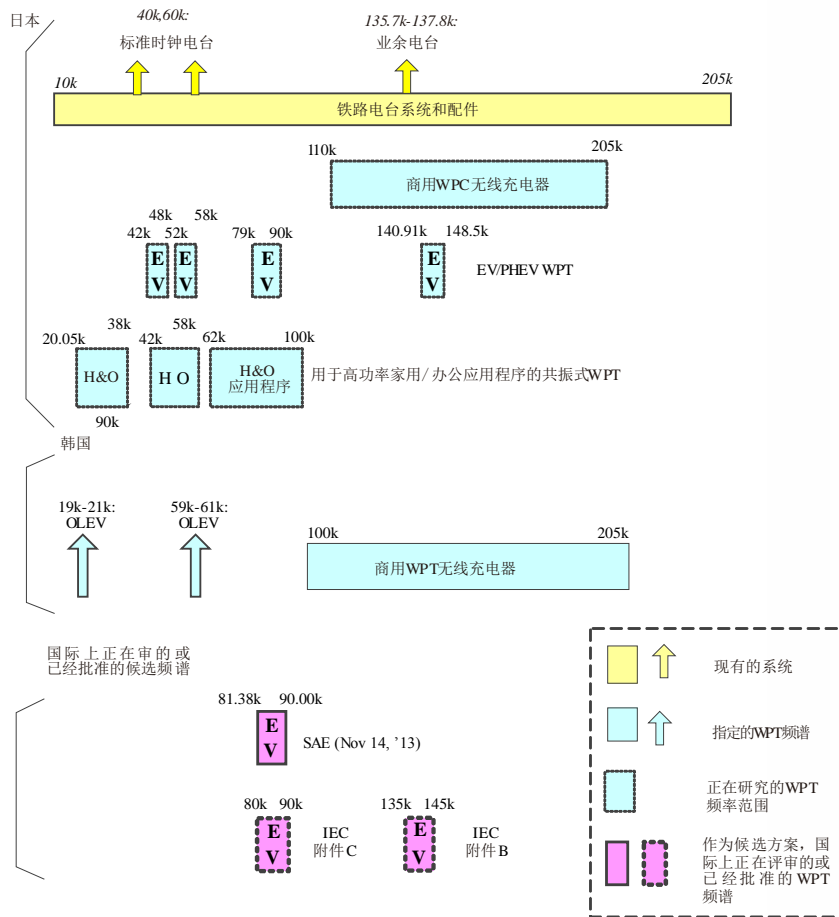
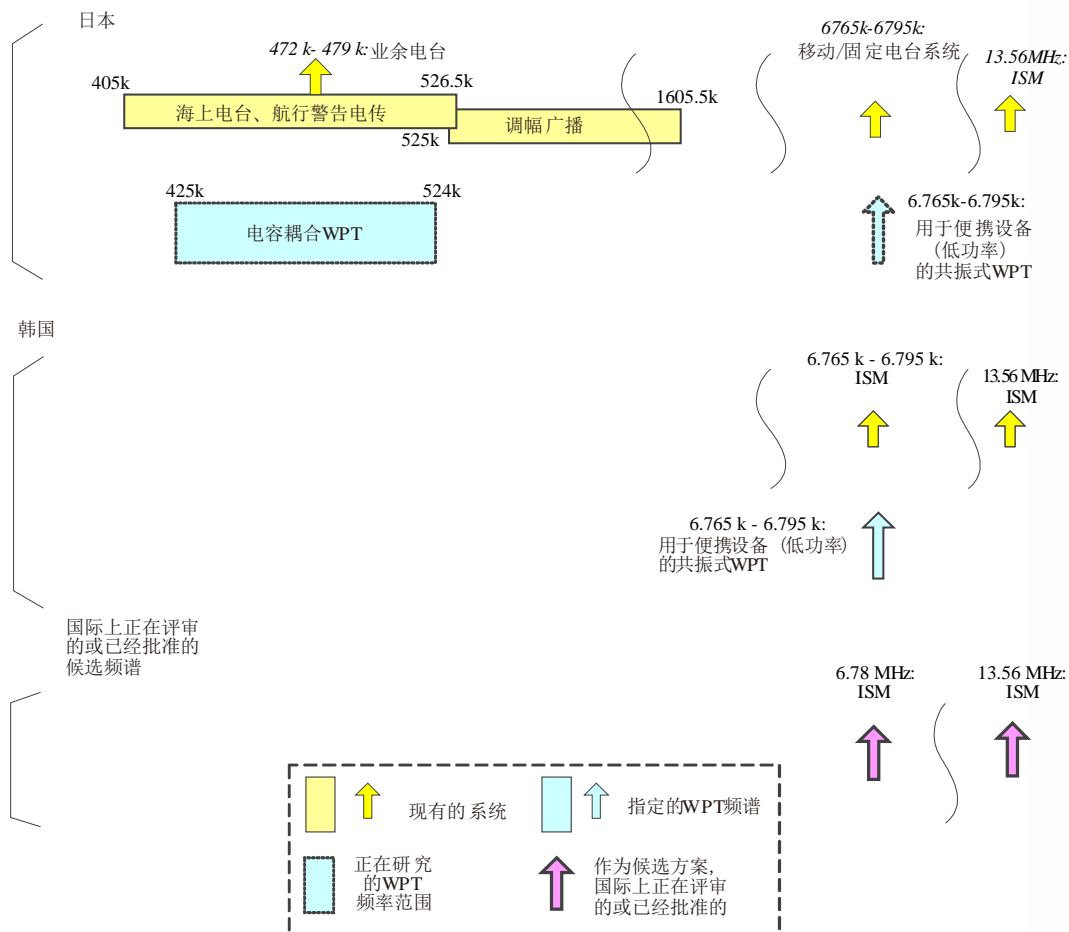


图7.2

所涉WPT频谱和现有系统 (400 kHz - 13.56 MHz)



SM.2303号报告-3-02

中国已发明了不同类型的高功率WPT装置, 包括工作于47-53kHz频率范围的家用电器的WPT和工作于37-43kHz和82-87kHz频率范围的轻型和重型汽车的WPT。面对市场需求, 在做出频率规划前进行充分的共存研究是十分迫切和必要的。在考虑到中国现有国内频率规划、已投入使用的无线通信系统和其它无线通信需求的前提下, 目前正在进行共存研究, 其中包括专用频段、共用频段、间隔距离等等。CCSA TC5 WG8将于2015年启动一项旨在研究WPT与现有无线电通信系统共存问题的项目。将于2016年获得部分研究结果。

日本正在讨论如表7.1所示的WPT技术。对已审议的候选频率范围以及带有基本参数的目标WPT系统做了概括。

表7.1

日本MIC WPT工作组已审议的WPT技术

目标WPT应用	(a) 用于电动车的WPT	(b) 用于移动和便携设备的WPT (1)	(c) 用于家用电器和办公设备的WPT	(d) 用于移动和便携设备的WPT (2)
WPT技术	磁场电力传输（感应、共振）			电容耦合
传输功率	约可达3 kW （最大7.7 kW）	几 W - 约100 W	几 W - 1.5 kW	约100 W
候选的WPT频率范围	42-48 kHz（45 kHz频段）， 52-58 kHz（55 kHz频段）， 79-90 kHz（85 kHz频段）， 140.91-148.5 kHz（145 kHz频段）	6 765-6 795 kHz	20.05-38 kHz, 42-58 kHz, 62-100 kHz	425-524 kHz
传输距离	0 - 约30 cm	0 - 约30 cm	0 - 约10 cm	0 - 约1 cm

本表中的信息可根据WPT的国内和全球标准化发展趋势进行修改。

日本

关于频谱共用和共存研究，MIC无线电波使用电磁环境委员会下设的WPT工作组（WG）选用了诸多现有无线电系统和目标WPT系统之间的可行和切合实际的组合，后者在具体使用情况下可能产生有害干扰。在这种情况下，WPT基本无线电波可能与现有无线电系统处于相同频谱中 – 如果后者位于离WPT装置的最小间隔距离之内，或未采取适当的功率衰减措施。另一种情况是，WPT的谐波可能落在现有无线电系统的频谱内，从而使现有无线电接收机的信号质量下降。可能存在多种不同情况。工作组采用了有关评估共存的最差条件。首先对不同使用情形进行了审议，然后进行现场模拟和实验。工作组按照现行的对现有系统不可接受的有害辐射限值和假设使用情况，确定了共存条件，也由此产生了使用WPT系统的标准。

2014年12月，在所确定条件下，工作于6.78 MHz的磁耦合WPT和电容耦合WPT均在演示中显示出可实现共存。

评估了6.78 MHz频率上的磁耦合WPT装置与公众无线电系统（使用6.765-6.795 MHz范围内的小部分频率）之间的共存情况。假设的最大传输功率为100瓦。得出了具体发射限值（见表6.4）并规定了为满足共存要求而需要的一小段频率。

通过理论计算和现场试验对电容耦合WPT装置的共存进行了评估。结果显示，与相关现有系统进行共存时，电磁辐射场强大大低于要求的辐射限值。因此，证实了传输功率低于100瓦的电容耦合WPT装置的共存性。然而应当指出，候选工作频率范围中不包含水上无线电装置和业余无线电装置的频率范围，因为考虑到了国际频谱使用情况。

在该评估中，用于家用电器的在kHz范围工作的另一种电磁耦合WPT技术未在演示中显示出在所有确定测试情况下都具有共存性。

工作于79-90 kHz的用于EV的WPT在演示中显示出与标准无线电时钟装置、调幅广播装置和业余无线电装置的共存性。工作于79-90 kHz以外的其他候选频率范围中的这些设备尚不能满足相关要求，因此，EV的候选频率范围已融合至79-90 kHz范围。

工作组进一步作出评估，以证实这些系统与铁路无线电系统，即，遍布日本铁路网的火车自动停车系统（ATS）和火车感应无线电系统（ITRS）的共存情况进行了每个实际使用情况的评估。最后，工作组就与铁路无线电系统实现共存的技术要求达成了一致。

根据有关共存研究的结果，日本希望强调，全球各方都关注这些装置与铁路无线系统，特别是ATS的共存情况。目前，ATS在约100 kHz频率上操作，且不仅部署于日本的铁路网中，而且部署于全球许多国家和地区的铁路网中。未来可能出现的情况是，许多已部署ATS的国家都要面临证实与WPT系统可共存的问题，以确保乘客的安全。该项研究不应仅在针对相关国家的方式中得到考虑，而应在全球得到考虑。日本请ITU-R与CISPR协作，就该项研究采取行动。

对于确保运行安全而言，通过电磁控制机制实现的铁路无线系统至关重要。确保这些系统不受无用无线电波的干扰必不可少，而且它们各自应有独立的特性。有鉴于此，各国或各区域有关这些系统的共存标准将不尽相同，因此，在确立CISPR发射限值时，应考虑到这些系统的多样性和可靠性。

表7.2（A）、（B）、（C）和表7.3总结上述共存研究结果及正在进行的考虑。

表7.2

日本用于移动和家用电器的WPT研究结果
及正在进行的考虑概述

(A) 与标准无线电时钟装置、火车自动停车系统和火车无线电感应系统的共存

移动和家用电器的WPT		现有系统		
技术	候选频率范围	标准无线电时钟装置 (SCRD) (*1) (40 kHz, 60 kHz)	ATS (*2) (10-250 kHz)	ITRS (*3) (10-250 kHz)
电磁耦合 (低功率移动装置)	6,765-6,795 kHz	N/A	N/A	N/A
电磁耦合 (低功率家用电器)	20.05-38 kHz	带有以下说明的条件: • 第2和第3谐波不得落于SCRD工作频段 • 请用户注意对SCRD装置可能产生的干扰	有必要进行共存性的进一步评估: • 需要衍生出所需的不会带来有害干扰的间隔距离	满足共存条件
	42-58 kHz			满足共存条件
	62-100 kHz			有必要进行共存性的进一步评估: • 需要衍生出所需的不会带来有害干扰的间隔距离
电容耦合 (低功率移动装置)	425-524 kHz	N/A	通过减少磁场满足共存条件	N/A

评估中使用的共存条件:

- (*1) 标准无线电时钟装置: 在模拟使用情形中, WPT装置不得产生有害干扰。
- 10米间隔距离被用作共存标准。当集总谐波 (integer harmonics) 落入标准无线电时钟工作频段时, 除测试基波特性外, 也测试了集总谐波。
 - 考虑了有关操作时间条件的更多测量情况, 因为在标准无线电时钟频繁接收其信号的午夜, 并未预期或观察到家庭/办公设备的运行频率减少。如果对家用电器的WPT产生的射频风险作出的通告, 则可能会减少共用相同频谱时产生的干扰, 因为使用时间并非完全重叠。
 - WPT谐波产生的20.05 kHz和30 kHz基波落于标准无线电时钟的工作频谱, 因此, 确保无有害干扰至关重要。

(*2)(*3) ATS和ITRS：WPT装置在实际操作使用情况中，不得产生有害干扰。共存标准为：

- WPT的频段不应与包括ATS在内的火车信号通信系统的频段相重叠，或
- 确保WPT装置不产生有害干扰的与ATS/ITRS设备的间隔距离应小于火车系统建造标准规定的最严格门限制（约1.5米）。
- 日本各类铁路建设方案均须满足上述要求。

表7.2

(B) 与调幅广播和水上无线电装置的共存研究

用于移动和家用电器的WPT		现有系统	
技术	候选频率范围	调幅广播 (*1) (526.5-1 606.5 kHz)	水上无线电装置 (*2) (405-526.5 kHz)
电磁耦合 (低功率移动装置)	6,765- 6,795 kHz	N/A	N/A
电磁耦合 (低功率家用电器)	20.05-38 kHz	未满足共存条件，所需间隔距离大大超出10米的目标要求	N/A
	42-58 kHz		N/A
	62-100 kHz		在下列情况下满足共存条件 <ul style="list-style-type: none"> • 避免使用在LORAN-C频率范围中进行功率发射的WPT (*3)
电容耦合 (低功率移动装置)	425-524 kHz	在带有下列说明的情况下满足共存条件： <ul style="list-style-type: none"> • 满足共存条件，但需注意可能对调幅无线电装置产生的干扰 • 观察到了有害干扰，因此WPT装置需采取相应措施 	在以下情形下满足共存条件： <ul style="list-style-type: none"> • 避免使用在NAVTEX和NAVDAT频率范围内发生功率的WPT系统

评估中使用的共存条件：

(*1) 调幅广播：根据CISPR住宅环境，WPT装置不得对至少相距10米的调幅广播收音机产生有害干扰。在系统模式中假设了多个WPT装置和室内调幅无线电录音机。在一致认可的最差使用条件下进行了现场测试，频率为可变的频率并使用了若干WPT装置、间隔距离以及城市中背景噪声很高和较低的区域。还参考了CISPR 11的B类。

- (*2) 水上无线电装置：WPT装置不得产生有害干扰。评估显示，拟议的WPT系统有可能持续与水上无线电系统共存。然而，值得指出的是，为了确保水上航行的安全，该研究采用了下列频率范围中的频率，因此，实际使用的相同频率被取消。(i) NAVTEX：518kHz（424kHz、490kHz）；(ii) NAVDAT：495-505kHz。此外，谐波不应落于在国际上使用的VHF水上无线电频段（156-162MHz）。
- (*3) LORAN-C、eLORAN（90-100kHz）：水上无线电通信操作人员发表意见说，不应安排将此频谱用于WPT。

表7.2

(C) 与业余无线电装置和公众无线电系统的共存

移动和家用电器使用的WPT		现有系统	
技术	候选频率范围	业余无线电装置(*1) (135.7-137.8 kHz, 472-479 kHz)	公众无线电系统(*2) (6,765-6,795 kHz)
电磁耦合（低功率移动装置）	6,765-6,795 kHz	在下列情况下满足共存条件： • 避免使用在业余无线电频率范围中进行功率发射的WPT系统	在提供具体发射限制的情况下满足共存条件
电磁耦合（低功率家用电器）	20.05-38 kHz		NA
	42-58 kHz		NA
	62-100 kHz		NA
电容耦合（低功率移动装置）	425-524 kHz		NA

评估中使用的共存条件：

- (*1) 业余无线电装置：对于电容耦合，472-479kHz频段是带内情况（共用相同频谱）。有关业余无线电，未找到针对其其它系统的正式干扰电平要求或规则。然而，各方的一致意见是，在WPT工作频率范围内，将分配给业余无线电的该频段排除在外，并确立适当的频偏。
- (*2) 公众无线电系统：日本的6 765-6 795kHz频段并非ISM频段。然而，相关规则规定，允许在该频段中使用WPT应用。目前已就该频段中WPT产品新的发射限值达成了一致，这将有助于实现与该频段内现有系统的共存并达到更高的功率传输。

表7.3

日本EV所用的WPT共存研究结果
以及正在进行的考虑

用于EV的 WPT	现有系统				
	SCRD (*1) (40 kHz, 60 kHz)	ATS (*2) (10-250 kHz)	ITRS (*3) (10-250 kHz)	调幅广播 (*4) (526.5- 1 606.5 kHz)	业余无线电 装置 (*5) (135.7- 137.8 kHz)
42-48 kHz	不能满足共存条件	未评估, 因为 未满足另一条 条件	满足共存条件	在带有下列说明 的情况下满足共 存条件:	在带有下列说 明的情况下满 足共存条件:
52-58 kHz	不能满足共存条件	未评估, 因为 未满足另一条 条件	满足共存条件	<ul style="list-style-type: none"> 请用户注意可 能对调幅无线 电广播收音机 造成的干扰 如果观察到有 害干扰, 则 WPT装置需采 取适当措施 	<ul style="list-style-type: none"> 避免使用在 业余无线电 频率范围内 发射功率的 WPT系统
79-90 kHz	在带有下列说明 的情况下满足共存 条件: <ul style="list-style-type: none"> 请用户注意可 能对标准无线 电时钟装置产 生的干扰 	在带有下列要 求的情况下满 足共存条件: <ul style="list-style-type: none"> 须保持距离 铁轨至少 4.8米的最 小间隔距离 	在遵守下列要 求的情况下满 足共存条件: <ul style="list-style-type: none"> 须保持距离 铁轨至少45 米的最小间 隔距离 在须适用本 技术要求方 面, 仅有一 条铁轨的操 作使用80 kHz和92kHz 		
140.91- 148.5 kHz		未评估, 因为 未满足另一条 条件	不能满足共存 条件		

评估中使用的共存条件

- (*1) 标准无线电时钟装置：在一致认可的使用情形中，WPT装置不得产生有害干扰 – 通过标准无线电时钟装置接收机最小灵敏度产生的C/I比确定。共存条件使用的间隔距离是10米。此外，还考虑到了WPT与标准无线电时钟之间并非重叠的更多工作时间测量、无线电传播方向变化以及可能的性能改善。
- (*2)(*3) ATS和ITRS：WPT装置不得对在实际使用中的这些装置产生有害干扰。共存条件为：（i）WPT的频段不应与包括ATS在内的火车信号通信系统的频段相重叠，或（ii）确保WPT装置不产生有害干扰的与ATS/ITRS设备的间隔距离应小于火车系统建造标准规定的最严的门限制（约1.5米）。日本各类铁路建设方案均需满足上述要求。
- (*4) 调幅广播：根据CISPR住宅环境，WPT装置不得对至少相距10米的调幅广播收音机产生有害干扰。在一致认可的最差使用条件下，利用模拟机车进行了WPT发射机和接收机的现场测试，其中 $F_c=85.106\text{kHz}$ 的WPT的第7谐波落在覆盖日本Kanto区广泛区域的594kHz调幅广播业务信道中。还进行了收听评估。
- (*5) 业务无线电装置：这是一种带外情况（不共用相同频谱）。用于EV的WPT的候选频率范围拥有适当的频偏频率（保护频带），以实现业余无线电频段的失谐。因此，未考虑接受机敏感度取消（带外）情况，而是考虑了WPT装置谐波辐射的发射电平（杂散辐射），如果这些谐波落入业余无线电频段的话。如果将日本无线电法和其它相关规则规定的发射电平作为标准的话，目前有关用于EV的WPT假设表明，在设定可令人接受的系统参数的条件下，可能不会对业余无线电装置造成有害干扰。

8 WPT为人员带来的风险

WPT可能会在离人很近的地方运行，因此，WPT供货商和运营商必须以证据表明其设备符合射频暴露要求。必须按照WPT系统的运行配置和附近用户或人员的暴露情况，对可能产生的暴露作出评估。

WPT运营商应采取措施，充分保护公众免受EMF影响。WPT供货商和运营商应设想最差情况。

射频为人员带来的风险是全球性的，不是一个区域或一个国家的问题。这种风险跨越了任何国界，因此，应采用国际ICNIRP导则 – ICNIRP 1998和ICNIRP 2010。

9 小结

本报告包含有关带外辐射的、提议的频率范围和相关的潜在水平，在ITU-R内，尚未得到同意，有待进一步研究，以确定它们是否能够依据共存信道、邻近信道以及邻近频段准则，为无线电通信业务提供保护。本报告概述了当前的研发工作以及在某些区域正在开展的工作。

便携和移动设备、家用电器、电动汽车是WPT技术候选的应用领域。磁感应、磁共振和电容耦合技术正在研究和发展中。正在开展对共存问题的研究，一些国家已经完成研究。

典型地，磁感应WPT技术使用100-205 kHz的频率范围，功率范围从几瓦到1.5 kW。也正在对该频率范围做进一步研究，以便将之用于结合WPT技术的家用电器和办公设备。

目前正在研究用于载客电动车的磁感应WPT技术，候选频率范围覆盖约85。正在研究的重型电动汽车的候选频率范围为19-21 kHz和59-61 kHz。用于载客电动车的典型功率为3.3 kW和7.7 kW。重型汽车的典型功率范围为75-100 kW。

典型地，磁共振WPT技术使用6 765-6 795 kHz ISM频段，典型的功率为几瓦到100 W。

电容耦合WPT技术使用425-524 kHz的频率范围，典型的功率可高达100 W。

10 参考文献

- [1] Document 1A/133, liaison statement to ITU-R Working Party 1A from the Asia Pacific Telecommunity.
- [2] BWF “Guidelines for the use of Wireless Power Transmission/Technologies, Edition 2.0” in April 2013. <http://bwf-yrp.net/english/update/docs/guidelines.pdf>
- [3] http://www.mit.edu/~soljacic/wireless_power.html
- [4] <http://www.rezence.com/>
- [5] Document 1A/135, response from TTA to the liaison statement to external organizations sent out by Working Party 1A regarding Question ITU-R 210-3/1 “Wireless power transmission” from TTA.
- [6] <http://www.wirelesspowerconsortium.com/>
- [7] ICNIRP 1998 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), <http://www.icnirp.de/documents/emfgdl.pdf>
- [8] ICNIRP 2010 Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), <http://www.emfs.info/Related+Issues/limits/specific/icnirp2010/>
- [9] Document 1A/198 liaison statement to ITU-R Working Party 1A from the Asia Pacific Telecommunity
- [10] The State Standard of People’s Republic of China, “Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment Electromagnetic disturbance characteristics Limits and methods of measurement”, GB 4824-2004.
- [11] National Radio Administration Bureau of MIIT No 423, “Micro Power (short) Radio Equipment Technology Requirements”.
- [12] Mazar (Madjar) H. 2015 ‘Radio Spectrum Management: Policies, Regulations and Techniques’, John Wiley & Sons

附件1

射频照射的评估方法

2013年4月，BWF WPT-WG发布了BWF“无线电力传输技术使用指南，版本2.0”[2]。英文版可从下面的BWF网站下载。

<http://bwf-yrp.net/english/update/2013/10/guidelines-for-the-use-of-wireless-power-transmission-technologies.html>

提供了以下几方面有关射频照射评估方法的详细内容，摘自规则和指南。

根据BWF WPT-WG定义的使用场景以及生物和技术方面的问题（如所用的WPT频率范围），参考文献[2]中的“对无线电辐射保护指南的考虑”提供了详细的指南。对刺激效应、热效应、接触电流、至/在人体组织的感应电流等进行了描述。此外，由于传统的测量方法可能无法满足WPT设备的射频照射评估要求，因此推荐了有关选择评价方法的流程图和测量方法。

参考文献[2]中的附件A至附件G摘录了国内外与射频照射和安全性问题有关的规则和指南，并解释了如何阅读和使用它们。在这些附件中，引入了日本的规则、ICNIRP指南以及IEEE指南。此外，还引用了SAR仿真评估领域中最近公布的一些文章，作为参考文献。

除了上述文档之外，“关于WPT的APT调查报告”[1]还提供了APT成员国在该问题上的有关信息。

射频照射

每个国家都有自己依据ICNIRP98的、关于射频照射的指南或规则，它们尚不包括WPT设备以及适当的测量方法。

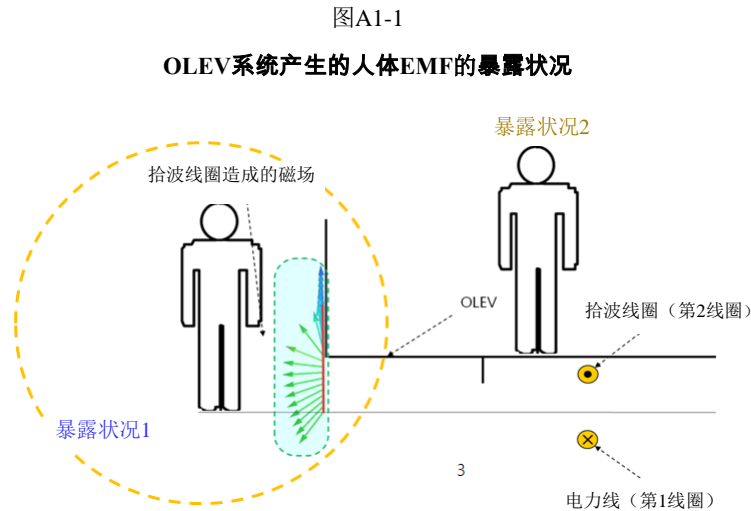
表[3.10]
射频照射的监管状况

国家	射频照射	射频评估
澳大利亚	<ul style="list-style-type: none"> - ACMA负责管理强制性的无线电通信（电磁辐射 – 人体照射）标准2003（结合对无线电通信（电磁辐射 – 人体照射）修正案标准2011（第2号）的各项修正） <ul style="list-style-type: none"> • 规定大多数移动和便携无线电通信发射器的射频照射限度，一体化天线工作于100 kHz-300 GHz - 射频场最大照射水平的辐射防护标准 – 3 kHz-300 GHz（RPS3） <ul style="list-style-type: none"> • 由ARPANSA（澳大利亚辐射防护和核安全局）设定 	<p>要求此类设备表明符合测试方法的使用要求，如EN 62209-2（人体暴露于来自手持式和安装于身上的无线通信设备的射频场 – 人体模型、仪表和程序 – 第2部分：确定近距离接触人体之无线通信设备的特定吸收率（SAR）的程序（频率范围为30 MHz-6 GHz）） http://infostore.saiglobal.com/store/details.aspx?ProductID=1465960。ACMA强制性地规定了RF和EMR照射的限度，由澳大利亚辐射防护和核安全局（ARPANSA）设定。射频照射限度信息的主要来源是ARPANSA的“射频场最大照射水平的辐射防护标准 – 3 kHz-300 GHz（RPS3） – http://www.arpansa.gov.au/Publications/codes/rps3.cfm</p>
日本	<ul style="list-style-type: none"> - BWF有关射频照射的指南 http://bwf-yrp.net/english/：合规要求 - 指的是射频辐射防护指南和ICNIRP指南 <ul style="list-style-type: none"> • 射频照射限度 	<p>日本的BWF在射频照射评估中考虑使用以下方法。 假设特定的最差情况，在这种情况下，人体的一部分是接近Tx或者位于Tx与Rx之间。 如果不能保证安全，那么需要考虑采取额外的安全措施。 WPT产品的磁场是非均匀的，射频照射有望是本地的。因此ICNIRP指南可作为更安全的参考。如果剂量学方面的专家能够参与的话，那么建议考虑采用仿真评估方法，如辐射剂量测定法等。 评估方法不应花费不必要的过长时间，不应寻找准确的射频照射。它应是一个合理的评估方法，可以用于认证程序和验收测试。</p>
大韩民国	<ul style="list-style-type: none"> - 现行EMF规则得到 ICNIRP导则的参引 	<ul style="list-style-type: none"> - 计划在2015年间引入为WPT而规定的评价方法

韩国电动汽车产生的人体EMF暴露的评估

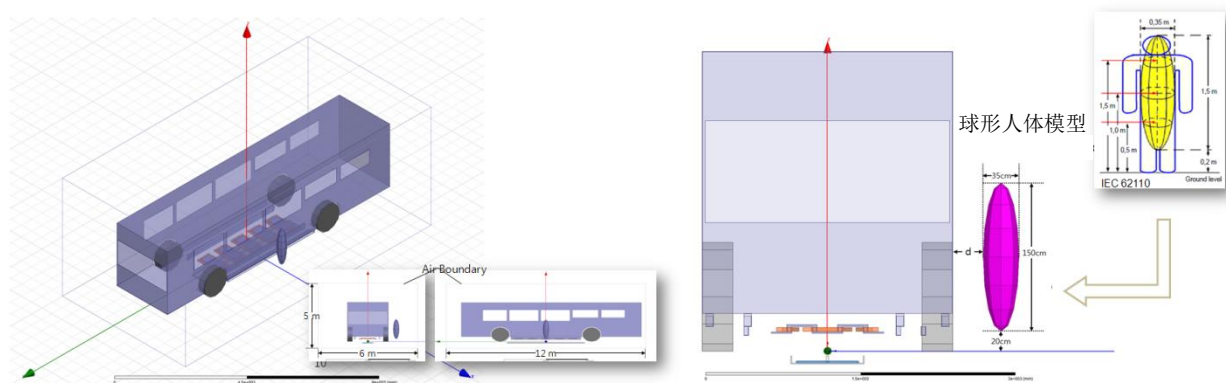
2013年，韩国对使用无线电力传输技术的在线电动汽车（OLEV）产生的磁场评估方法做出研究（这类电动车在公众出入的地方运行）。将路基上的电线（第1线圈）和OLEV下的5个拾波线圈部分（第2线圈）作为磁场源，谐振频率为20 kHz，输出功率为75 kW。

图A1-1所示为OLEV系统的电线和拾波线圈产生的人体EMF暴露状况。



当OLEV暴露状况1的磁场被考虑为非均匀，也就是类似于AC电力系统（IEC 62110）时，在距离地面0.5米、1.0米和1.5米三个高度上计算并测量了选定地点的磁场电平。

图A1-2
OLEV产生的磁场模型

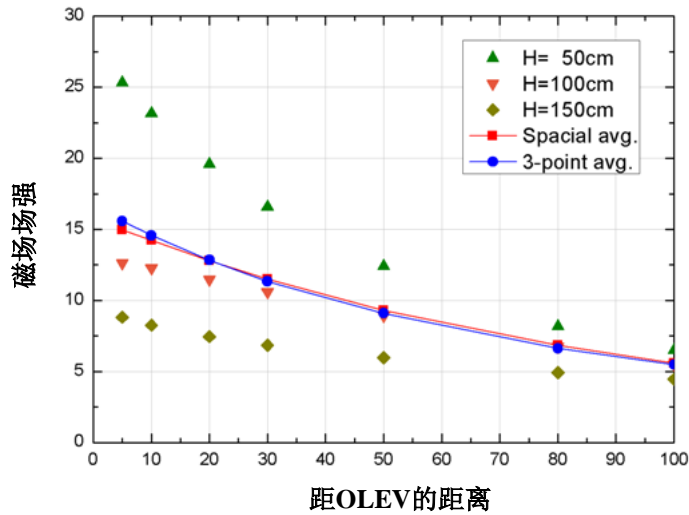


使用球形人体模型计算了平均暴露量，该模型的纵轴和横轴分别为1.5米和0.35米，距离地面的高度为0.2米。

在公众可出入的距离OLEV 5厘米情况下，偏差为4%，100厘米时，偏差为-2%。图A1-3表明磁场的纵向分布是均匀的。我们可以了解到，三点平均暴露量几乎相当于电动汽车（OLEV）暴露状况1的平均暴露量。

图A1-3

在距OLEV每一距离上计算得出的磁场分布

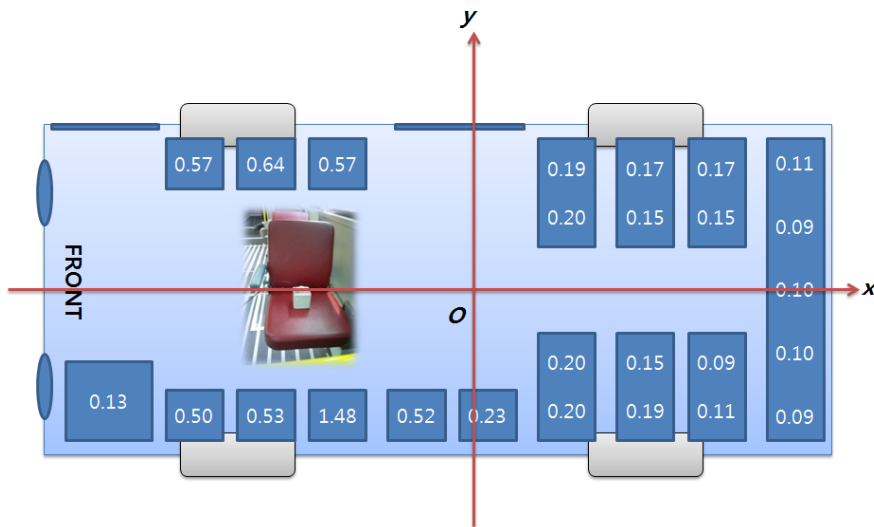


从数字分析中可看出，三点（距离地面0.5米、1.0米和1.5米的高度）平均暴露量代表整个人体的平均暴露量，被评估为2.1A/m，比射频暴露技术标准低40%。

评估了OLEV每个座位暴露状况2的磁场场强，评估值见A1-4。

图A1-4

在距OLEV每一距离上计算得出的磁场分布



图A1-5

在距OLEV每一距离上计算得出的磁场分布

模拟数据 (S.D.:72cm)			测得数据 (S.D.:60cm)		
测量点	测得数值	采用数值	测量点	测得数值 (A/m)	采用数值
P1	1.07		P1	3.82	X
P2	1.93		P2	3.41	X
P3	3.96	X	P3	1.96	X
P4	2.12	X	P4	0.90	
P5	3.99	X	P5	1.08	

通过采用5点平均方法的数字分析，得出了3.36A/m的数值，但也在同一状况下测量得到了3.06A/m数值。然而，如果采用3点平均方法，则分别得到了0.53A/m和0.57A/m的模拟数据和测得数据值。考虑到诸如内部屏蔽架构、高度差和所处地点等复杂暴露状况，因此，在测量射频暴露最差情况时，5点平均方法要优于3点平均方法。

附件2

利用6 765-6 795 kHz ISM频段对移动设备进行无线充电的实施方案

已开发和制定了基于磁共振原理、使用6 765-6 795 kHz ISM频段、用于移动设备无线充电的无线电力传输技术和规范。该项技术为无线充电生态系统带来了诸多独特的好处。

**好的充电范围**

一个好的充电范围可以带来真正的“即停即走”充电体验，通过在家里、办公室、商业环境中常见的大多数表面和材料。

**多设备充电**

能同时为具有不同功率要求的多个设备充电，如智能手机、平板电脑、笔记本电脑和 Bluetooth® 耳机。

**准备好面对真实的世界**

充电表面能够在存在金属物体的情况下进行操作，如钥匙、硬币、器具，使之成为家庭、办公室、汽车、零售店、餐饮店、酒店等应用场合的一个理想选择。

**蓝牙通信**

使用现有的蓝牙智能技术，尽可能减少制造商的硬件需求，以及为未来的智能充电区域打开大门。

技术规范

该规范的目标是在真正的充电情况下提供一种方便、安全、卓越的用户体验，同时为业界制造兼容的产品确定技术基础。核心技术是一种有关无线功率发射机和接收机、相互耦合和相互感应的接口规范 – 将绝大多数的选项开放给具体的实现者。

为实现无线电力与现实世界条件的匹配，空间自由允许在耦合系数、设备规模、负载条件以及功率发射机与接收机之间的分隔距离等方面具有更大的变异性。这为无线电力产品设计者在具体充电系统的实现方面提供了更大的余地，结果是将给消费者带来更好的体验。

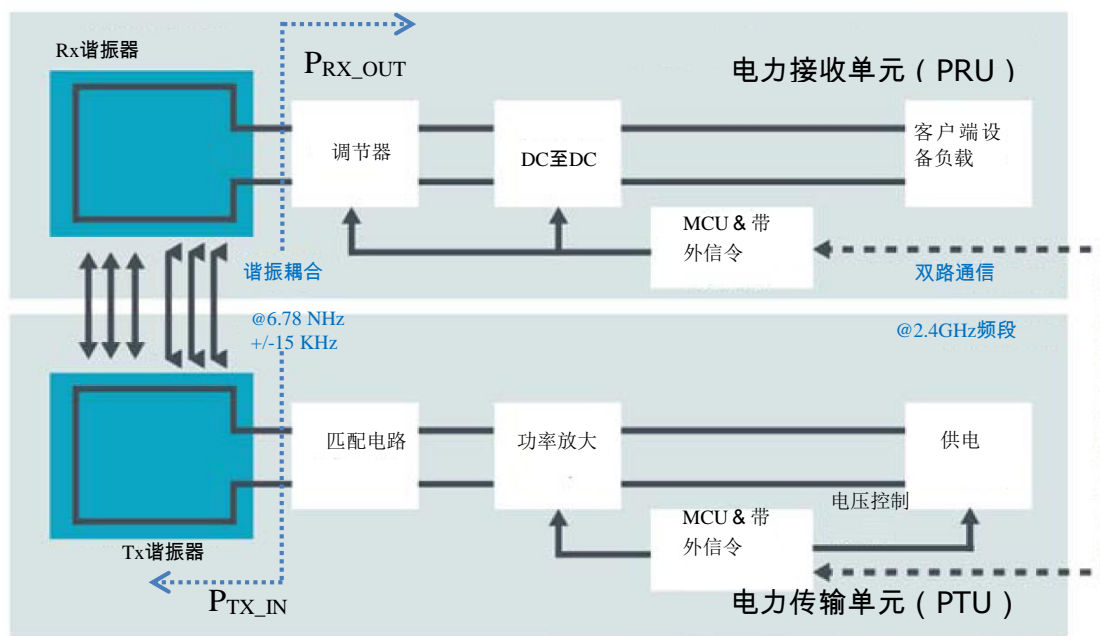
意欲集成该技术的电子产品应解决好几个方面的问题：

- 功耗和布局；
- 谐振器与设备的集成；
- 小型化；
- 通信链路和车载电台的集成。

设计者可以指定和寻找自己的解决方案，以实现所需的带外电台、功率放大器、DC至DC转换器、整流器、微处理器 – 分立的或集成的 – 并根据要求对其进行组装。

只要组成部件符合规范，它们就可以利用任何拓扑结构。规范仅保留将在系统中使用之发射机谐振器的接口和模型。

下图显示了功率传输单元（PTU）与功率接收单元（PRU）之间基本的无线电力传输系统配置。可对PTU进行扩展，以便为多个独立的PRU提供服务。PTU由三个主要的功能单元组成，即谐振器与匹配单元、功率转换单元、信令与控制单元（MCU）。如同PTU，PRU也包括三个主要的功能单元。



如上图所示，发送谐振器（Tx谐振器）使用6 780 kHz（±15 kHz）从PTU到PRU传输电力。使用2.4 GHz频段上的Bluetooth Smart™来进行双路通信，通信信道处于用来传输电力的频率之外，在无线电力接收器与充电面之间提供一个可靠的通信通道。

基于使用6 780 kHz频段传输的功率，为许多PRU类别和PTU类别规定了规范，范围从一个低功率的充电单元（用于小型设备，只需几瓦的功率）到更大的设备（需要许多瓦的功率）。下表所示是基于基线系统规范草案的PTU类别和PRU类别，新的类别/分类正在开发中。

PRU类别

PRU	$P_{RX_OUT_MAX}$ '	应用样例
类别1	TBD	BT耳机
类别2	3.5 W	功能电话
类别3	6.5 W	智能电话
类别4	13 W	平板电脑、平板手机
类别5	25 W	小型笔记本电脑
类别6	37.5 W	普通笔记本电脑
类别7	50 W	高性能笔记本电脑

$P_{RX_OUT_MAX}$ '指的是 P_{RX_OUT} (Rx谐振器的输出功率) 的最大值。

PTU类别

	$P_{TX_IN_MAX}$ '	支持要求的最小类别	所支持设备最大数量的最小值
类别1	2 W	1 × 类别1	1 × 类别1
类别2	10 W	1 × 类别3	2 × 类别2
类别3	16 W	1 × 类别4	2 × 类别3
类别4	33 W	1 × 类别5	3 × 类别3
类别5	50 W	1 × 类别6	4 × 类别3
类别6	70 W	1 × 类别7	5 × 类别3

$P_{TX_IN_MAX}$ '指的是 P_{TX_IN} (Tx谐振器的输入功率) 的最大值。

Bluetooth操作将在-6 dBm 与 +8.5 dBm之间进行传输，这在天线连接器处进行测量。

PTU和PRU规范使产品能够依据产品销售所在国规定的要求进行制作。例如，在美国，6785 kHz上的操作将遵循FCC第18部分的要求，2.4 GHz上的双路操作将遵循FCC第15部分的要求。

附件3

WPT系统辐射噪声和传导噪声的测量数据

目录

页码

1	引言	53
2	测量模型和测量方法	53
2.1	用于电动车充电的WPT系统的测量模型和测量方法	53
2.2	用于移动设备、便携设备和家用电器的测量模型和测量方法	56
3	BWF设置的目标辐射限度	58
3.1	用于电动车充电的、WPT系统的目标辐射限度	58
3.2	利用磁共振技术的、用于移动和便携设备的目标辐射限度	59
3.3	利用磁感应技术的、用于家用电器的目标辐射限度	59
3.4	利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的目标辐射限度	60
4	辐射噪声和传导噪声的测量结果	61
4.1	用于电动车充电的、WPT系统的测量结果	61
4.2	利用磁共振技术的、移动和便携设备的测量结果	66
4.3	利用磁感应技术的、家用电器的测量结果	69
4.4	利用电容耦合技术的、移动和便携设备的测量结果	73

1 引言

本附件旨在提供WPT系统（日本正在考虑为此制定新的规章）辐射噪声和传导噪声的测量数据。系统如下所示，基本参数如表7.1所示。有关系统共存研究的详细信息在1A/152号文件中予以介绍：

- (1) 用于电动载客车辆（EV）充电的WPT系统；
- (2) 利用磁共振技术的、用于移动和便携设备的WPT系统；
- (3) 利用磁感应技术的、用于家用电器和办公设备的WPT系统；以及
- (4) 利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的WPT系统。

2 测量模型和测量方法

对WPT系统辐射噪声和传导噪声的测量模型和测量方法进行了讨论，它们由内务和通信部（MIC）关于无线电波使用的电磁环境分委员会下的WPT-WG来确定。

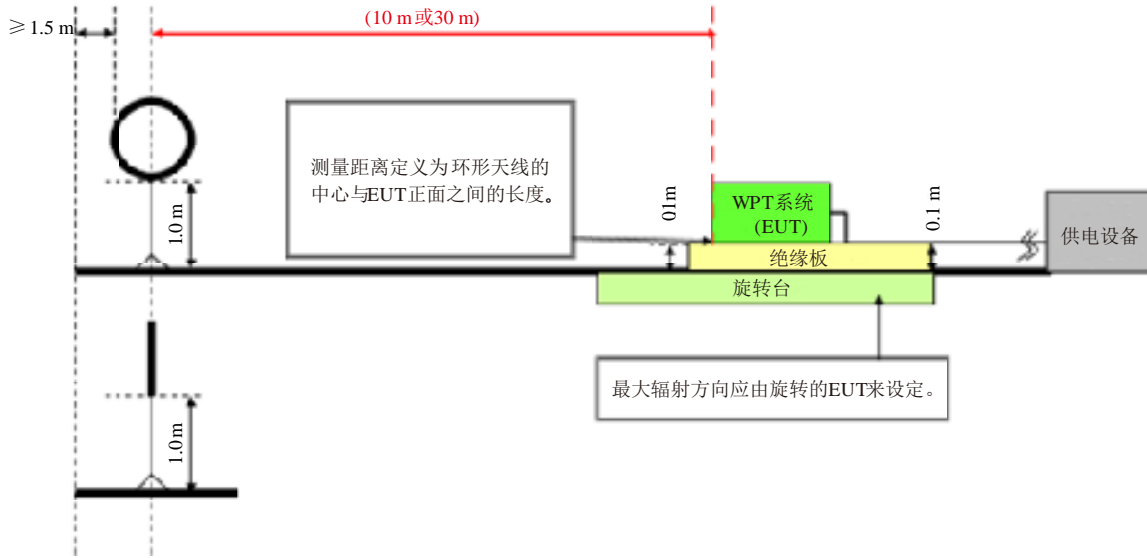
- (1) 辐射噪声的频率范围为9 kHz-30 MHz。
利用环形天线来测量磁场强度。利用平面波的特征阻抗377 ohm，通过简单的转换来获得电场强度；
- (2) 辐射噪声的频率范围为30 MHz-1 GHz。
利用双锥形天线或对数周期偶极子阵列来测量电场强度。在便携设备应用情况下，所测频率范围扩充至6 GHz；
- (3) 传导噪声的频率范围为9 kHz-30 MHz。
测量自供电线辐射的传导噪声。在该测量中，EUT（接受测试的设备）应连接至AMN（人工电源网络）。

2.1 用于电动车充电的WPT系统的测量模型和测量方法

图A3-1和图A3-2描述用于电动车充电的WPT系统辐射噪声的测量方法。图A3-1的频率范围为9 kHz-30 MHz，图A3-2的频率范围为30 MHz-1 GHz。图A3-3描述EUT的顶视图及测量辐射噪声的布局。图A3-4描述该测量中所用的模拟车体。该模拟车体模型提交给IEC TC 69/PT 61980，在IEC TC 69/PT 61980中，有一个有关用于电动车充电的WPT系统的国际标准。图A3-5描述EUT的顶视图及测量传导噪声的布局。在这些测量中，传输功率定义为在RF供电设备或初级线圈的输入端口处测得的功率水平。

图A3-1

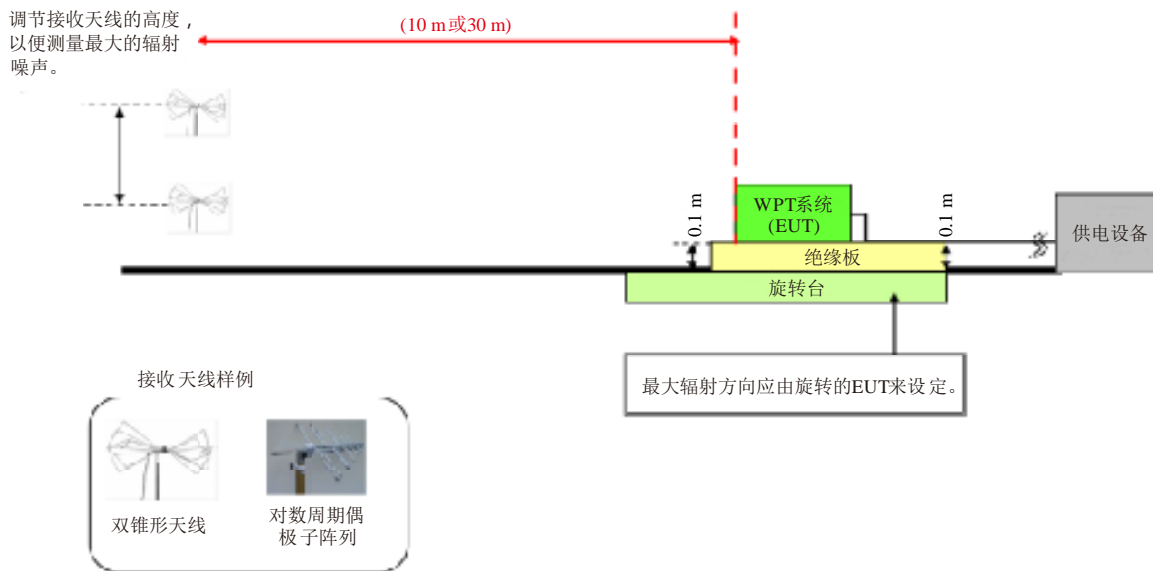
用于电动车充电的WPT系统辐射噪声的测量方法，
频率范围为9 kHz - 30 MHz



SM.2303号报告-A3-01

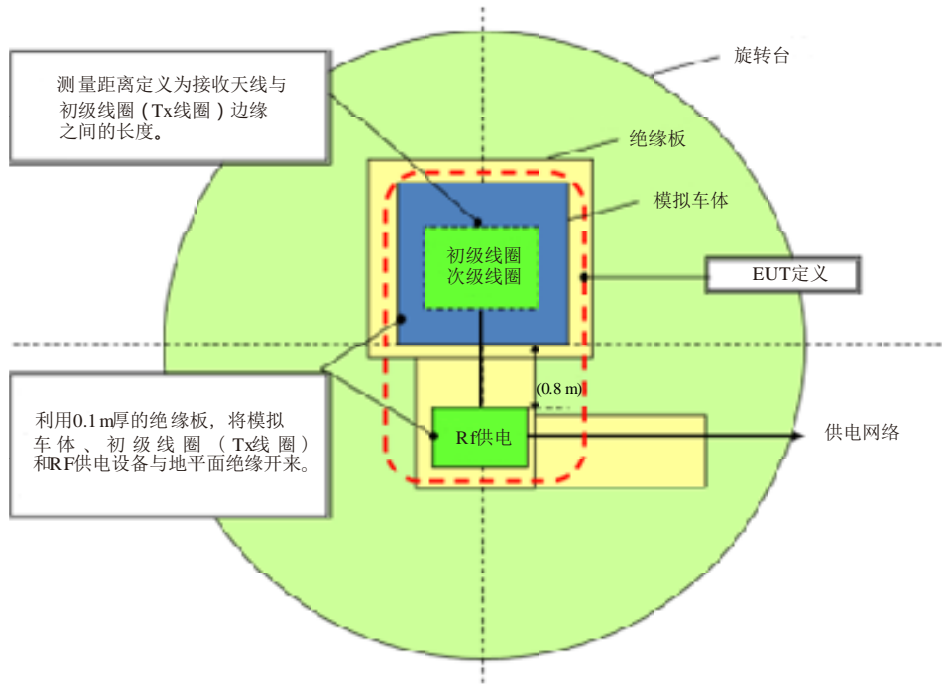
图A3-2

用于电动车充电的WPT系统辐射噪声的测量方法，
频率范围为30 MHz-1 GHz



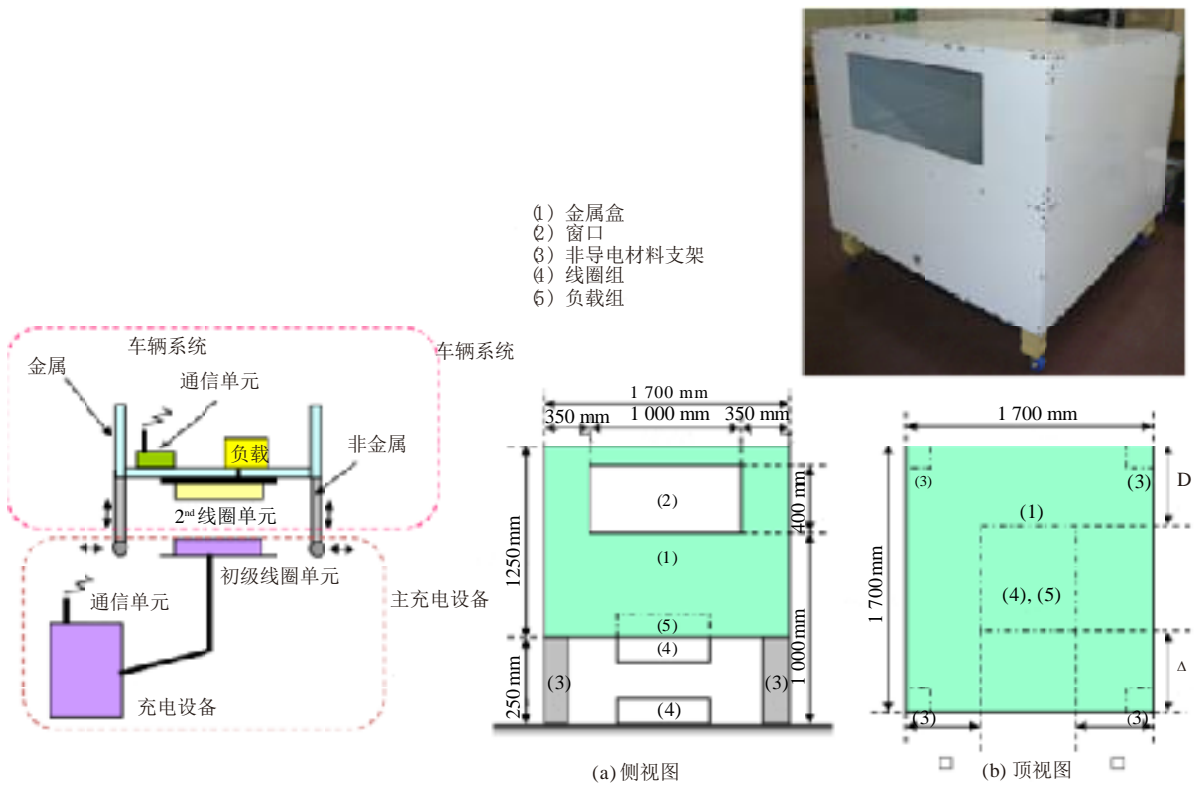
SM.2303号报告-A3-02

图A3-3
用于辐射噪声测量的EUT及其布局的顶视图



SM.2303号报告-A3-03

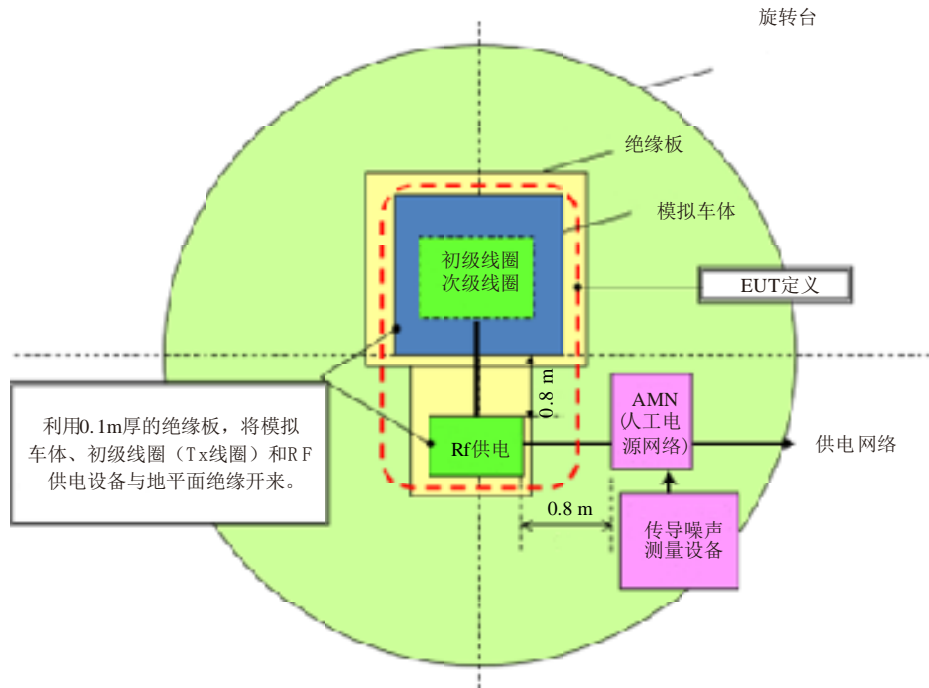
图A3-4
模拟车体的配置



SM.2303号报告-A3-04

图A3-5

用于传导噪声测量的EUT及其布局的顶视图

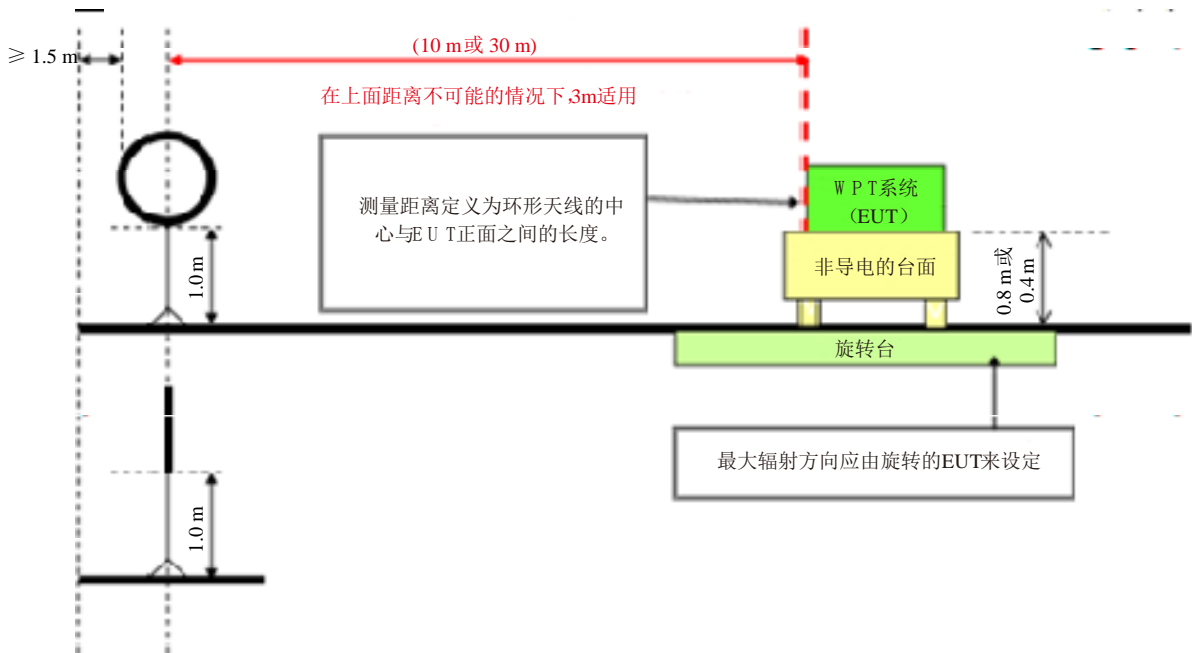


SM.2303号报告-A3-05

2.2 用于移动设备、便携设备和家用电器的测量模型和测量方法

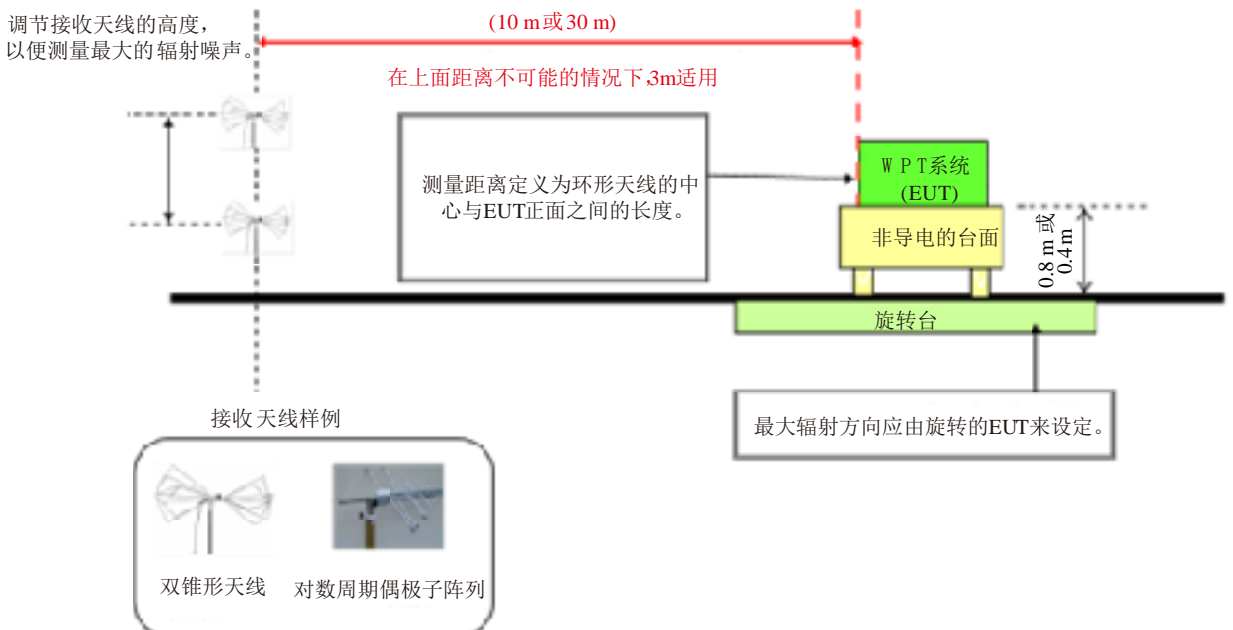
图A3-6和图A3-7描述用于移动设备、便携设备和家用电器的WPT系统辐射噪声的测量方法。图A3-6的频率范围为9 kHz-30 MHz，图A3-7的频率范围为30 MHz-6 GHz。值得注意的是，只有在移动设备和便携设备的情况下，频率范围才扩充至6 GHz。对家用电器，所测频率范围的上限为1 GHz。原因是，CISPR 14-1指的是用于家用电器的测量方法，CISPR 22指的是用于移动设备和便携设备的测量方法。图A3-8描述用于传导噪声的测量方法。此处对这两种测量方法进行了分析。

图A3-6
用于移动设备、便携设备和家用电器的WPT系统辐射噪声的测量方法，
频率范围为9 kHz-30 MHz



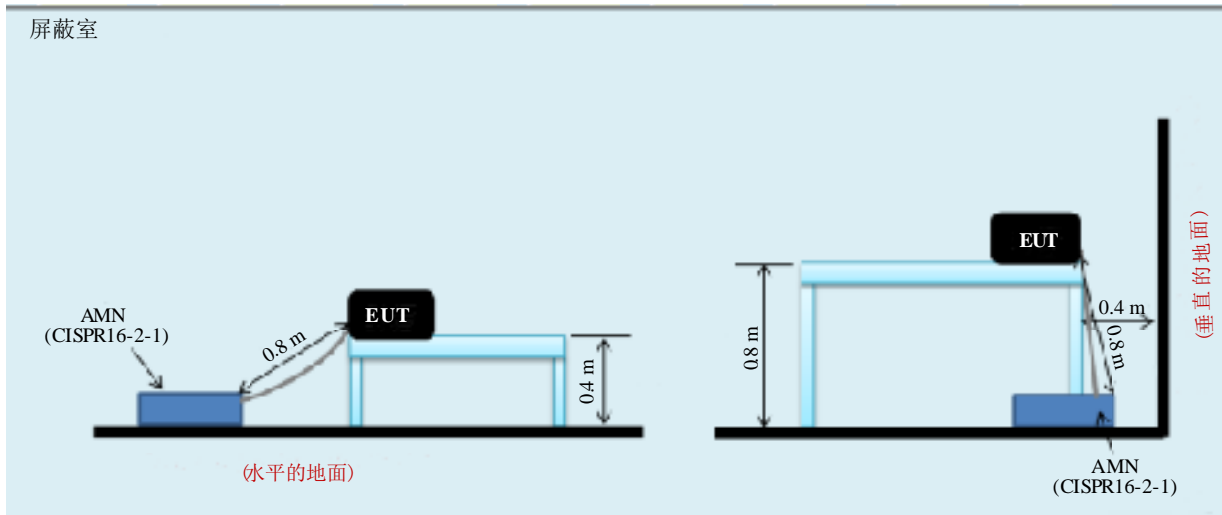
SM.2303报告-A2303-A3-06

图A3-7
用于移动设备、便携设备和家用电器的WPT系统辐射噪声的测量方法，
频率范围为30 MHz-6 GHz



SM.2303报告-A2303-A3-07

图A3-8
传导噪声的测量方法



SM.2303报告-A2303-A3-08

3 BWF设置的目标辐射限度

在WPT-WG、MIC中，对新的日本规章中的辐射限度进行了讨论。不过，日本宽带无线论坛（BWF）已经设定了目标辐射限度，作为假设值，用于讨论有关其它无线系统的共存条件。关于目标辐射限度的基本观点如下所述：

- (1) 只对9 kHz-30 MHz频率范围设置了目标辐射噪声限度。在此对电场强度限度和磁场强度限度都进行了描述。
- (2) 首先考虑电场强度的目标辐射噪声限度，原因是，BWF指的是当前的日本国家无线电规章，其辐射噪声限度基本上通过电场强度来判定。利用TEM波（平面波）的特征阻抗377 ohm，通过计算来将电场强度转换为磁场强度。
- (3) BWF不设置30 MHz以上辐射噪声以及传导噪声的目标限度。

然后，对各WPT系统的目标辐射限度进行描述。需要注意的是，这些限度都是假设的，正在讨论中。

3.1 用于电动车充电的、WPT系统的目标辐射限度

参考FCC第18部分C子部分（作为一种国际规则），以及基于开发之WPT系统的测量结果，提出了有关WPT频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。基于适用于感应烹调设备（作为一种常用的磁感应应用）的《日本无线电规章》，提出了有关其它频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。

- (1) 假设的辐射电场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围（用于电力传输的频率范围）

3 kW – Tx功率	: 36.7 mV/m@30m (91.3 dB μ V/m@30m)
7.7 kW – Tx功率	: 58.9 mV/m@30m (95.4 dB μ V/m@30m)

- (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 30 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (29.5 dB $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
- (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 200 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (46.0 dB $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
- (2) 假设的辐射磁场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围 (用于电力传输的频率范围)
 - 3 kW – Tx功率 : 97.5 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (39.8 dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - 7.7 kW – Tx功率 : 156 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (43.9 dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 0.0796 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-22.0 dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 0.531 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-5.51 dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

3.2 利用磁共振技术的、用于移动和便携设备的目标辐射限度

基于开发之WPT系统的测量结果,提出了有关WPT频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。基于适用于感应烹调设备(作为一种常用的磁感应应用)的《日本无线电规章》,提出了有关其它频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。

- (1) 假设的辐射电场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围 (用于电力传输的频率范围)
 - : 100 $\text{mV}/\text{m}@30\text{m}$ (100 dB $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 30 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (29.5 dB $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 100 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (40.0 dB $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
- (2) 假设的辐射磁场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围 (用于电力传输的频率范围)
 - : 265.3 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (48.5dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 0.0796 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-22.0 dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 0.265 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-11.5dB $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

3.3 利用磁感应技术的、用于家用电器的目标辐射限度

基于开发之WPT系统的测量结果,提出了有关WPT频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。基于适用于感应烹调设备(作为一种常用的磁感应应用)的《日本无线电规章》,提出了有关其它频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。

- (1) 假设的辐射电场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围（用于电力传输的频率范围）
 - : 1 mV/m@30m (60 dB μ V/m@30m)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 30 μ V/m@30m (29.5 dB μ V/m@30m)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 173 μ V/m@30m (44.8 dB μ V/m@30m)
- (2) 假设的辐射磁场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围（用于电力传输的频率范围）
 - : 2.66 μ A/m@30m (8.5 dB μ A/m@30m)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 0.0796 μ A/m@30m (-22.0 dB μ A/m@30m)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 0.459 μ A/m@30m (-6.7 dB μ A/m@30m)

3.4 利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的目标辐射限度

基于开发之WPT系统的测量结果，提出了有关WPT频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。基于适用于感应烹调设备（作为一种常用的磁感应应用）的《日本无线电规章》，提出了有关其它频率范围的、假设的目标辐射噪声限度。

- (1) 假设的辐射电场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围（用于电力传输的频率范围）
 - : 100 μ V/m@30m (40 dB μ V/m@30m)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 30 μ V/m@30m (29.5 dB μ V/m@30m)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 100 μ V/m@30m (40 dB μ V/m@30m)
- (2) 假设的辐射磁场噪声目标限度
 - (a) WPT频率范围（用于电力传输的频率范围）
 - : 0.265 μ A/m@30m (-11.5 dB μ A/m@30m)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
 - : 0.0796 μ A/m@30m (-22.0 dB μ A/m@30m)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
 - : 0.265 μ A/m@30m (-11.5 dB μ A/m@30m)

4 辐射噪声和传导噪声的测量结果

对每个WPT系统的辐射噪声、传导噪声的测量结果以及相关的测量结果做了描述。此处所测WPT系统为用于测试和正在开发的设备。

4.1 用于电动车充电的、WPT系统的测量结果

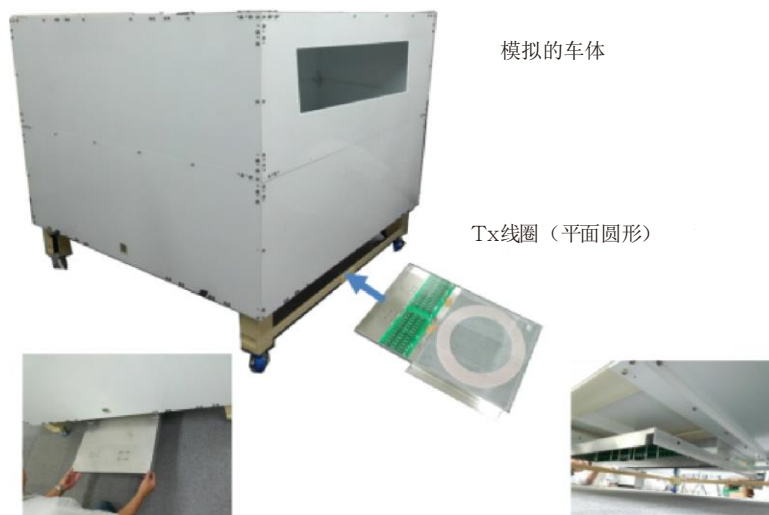
(1) 测试设备概述

为测量而准备的两个测试设备如表A3-1所示。在测试设备A中，WPT频率为120 kHz，使用平面圆形Tx和Rx线圈。在测试设备B中，WPT频率为85 kHz，Tx和Rx使用螺线管形线圈。此外，测试设备B还包括用于抑制WPT频率高次谐波的设备。在图A3-9和图A3-10中，对每个测试设备的照片分别做了描述。

表A3-1
用于电动车充电的测试设备概述

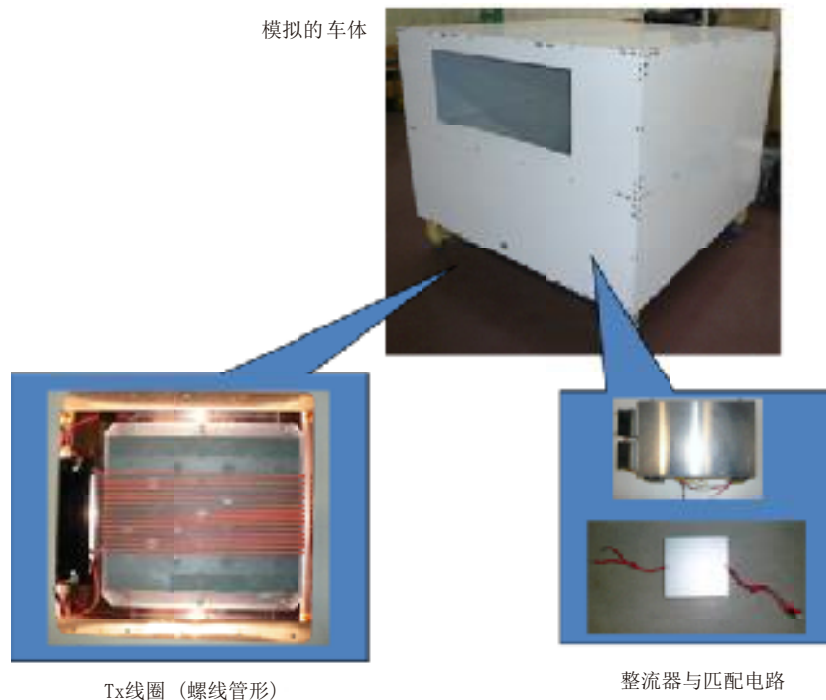
WPT系统	EV充电
WPT技术	磁共振
WPT频率	测试设备A: 120 kHz 测试设备B: 85 kHz
WPT条件	传输功率: 3 kW 电力传输距离: 150 mm

图A3-9
测试设备A



图A3-10

测试设备B



SM.2303报告-A2303-A3-10

(2) 辐射噪声的测量结果

在屏蔽的消音室中对来自各测试设备的辐射噪声进行了测量。测量距离为10 m。当描述30 m处的场强时，通过以下转换规则来获得场强，规则刊登于《日本无线电规章》中。

[测量距离10 m - 30 m的衰减因子]

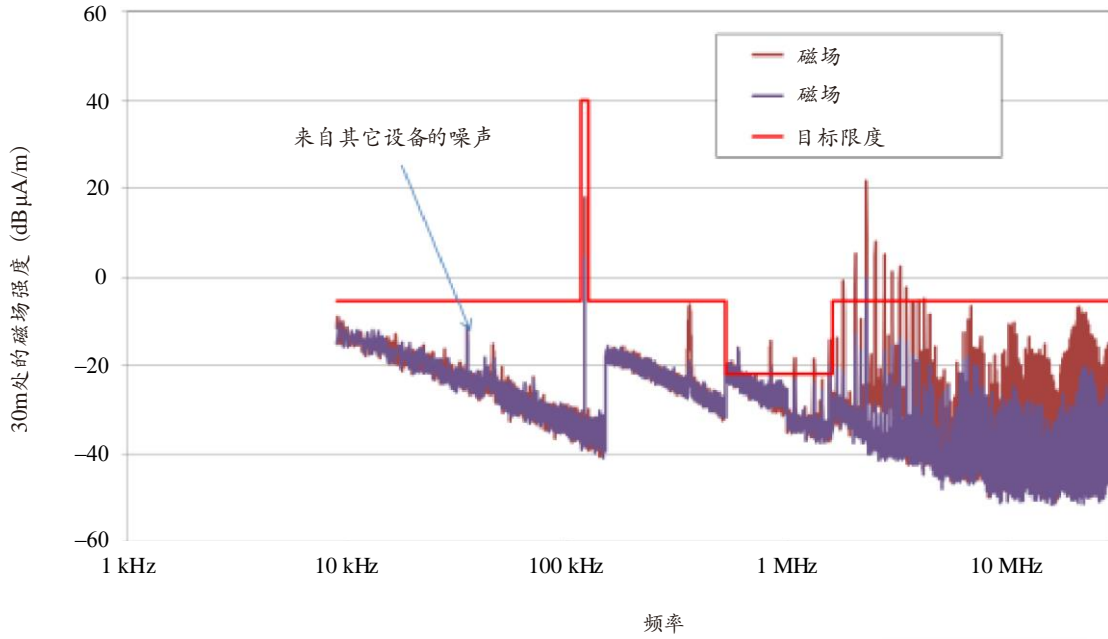
低于526.5 kHz的频率:	1/27
526.5 - 1606.5 kHz:	1/10
1606.5 kHz - 30 MHz:	1/6

9 kHz-30 MHz频率范围的测量结果如图A3-11、图A3-12所示。图A3-13描述了各测试设备更高次谐波的测量结果。通过这些测量结果发现，测试设备B清除了假设的辐射噪声目标限度。测试设备A清除了WPT频率的、假设的目标限度，但未清除其它频率范围的、假设的目标限度。不过，通过引入适当的设备来抑制高频噪声，认为是可以清除假设的目标限度的。

30 MHz-1 GHz频率范围的测量结果如图A3-14和图A3-15所示。

图A3-11

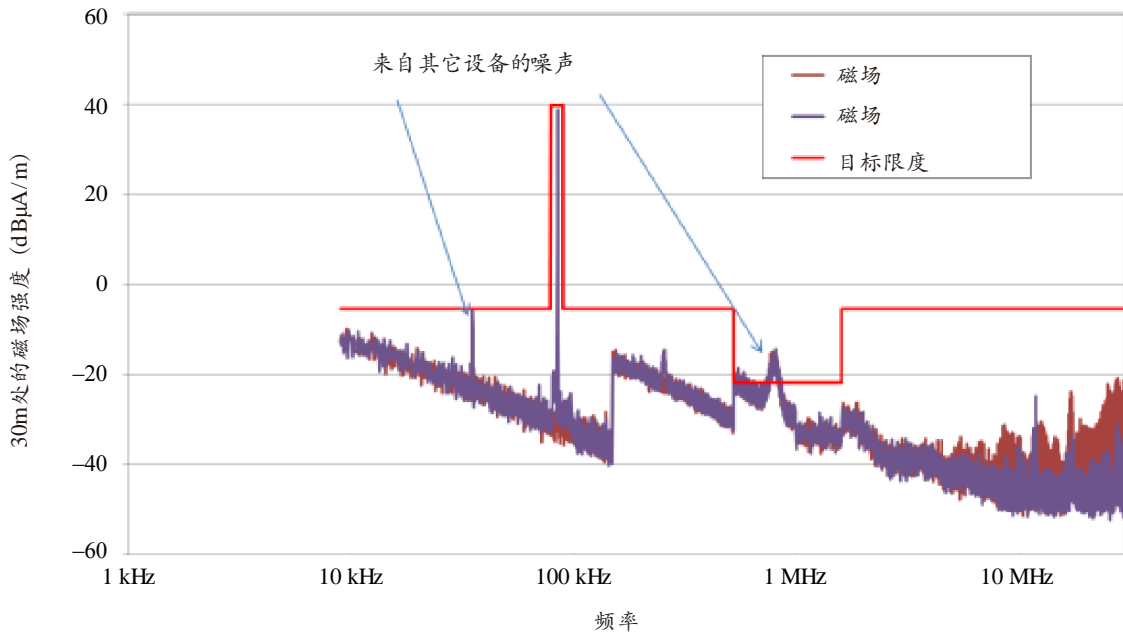
测试设备A的辐射噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-11

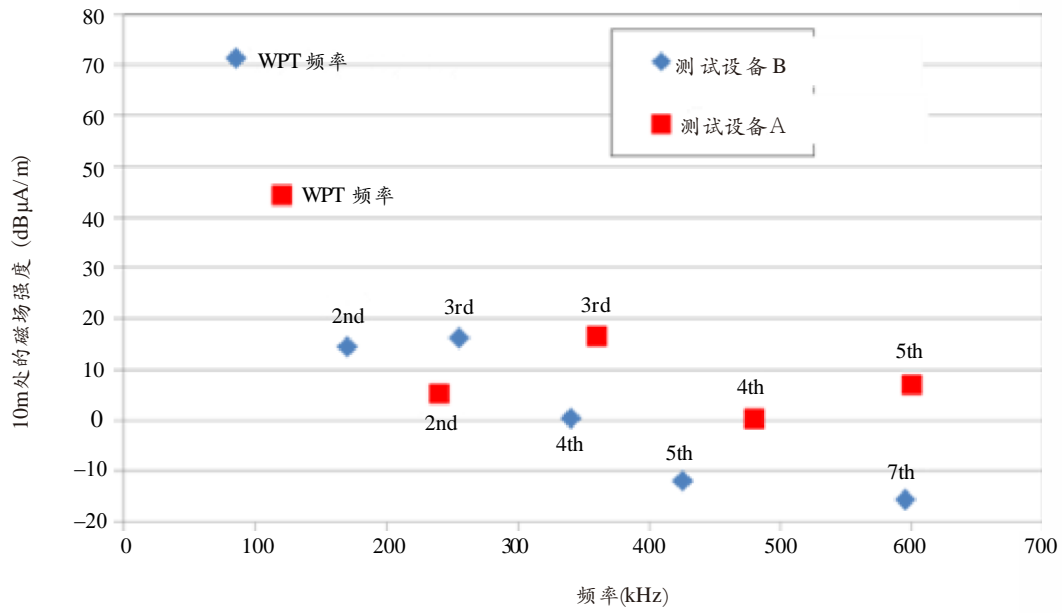
图A3-12

测试设备B的辐射噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值)



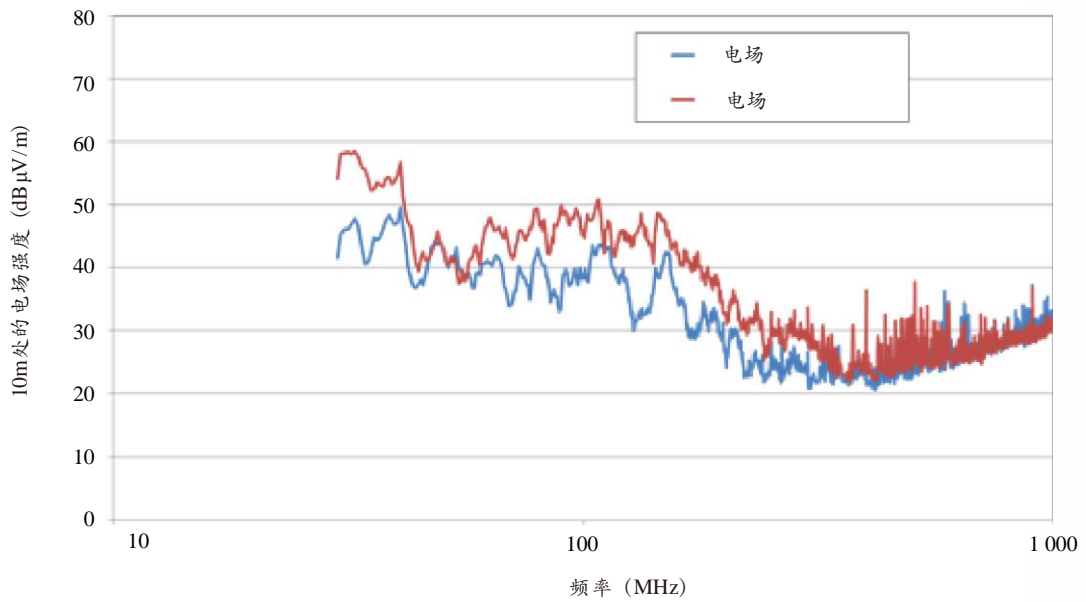
SM.2303报告-A2303-A3-12

图A3-13
高次谐波的测量结果 (准峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-13

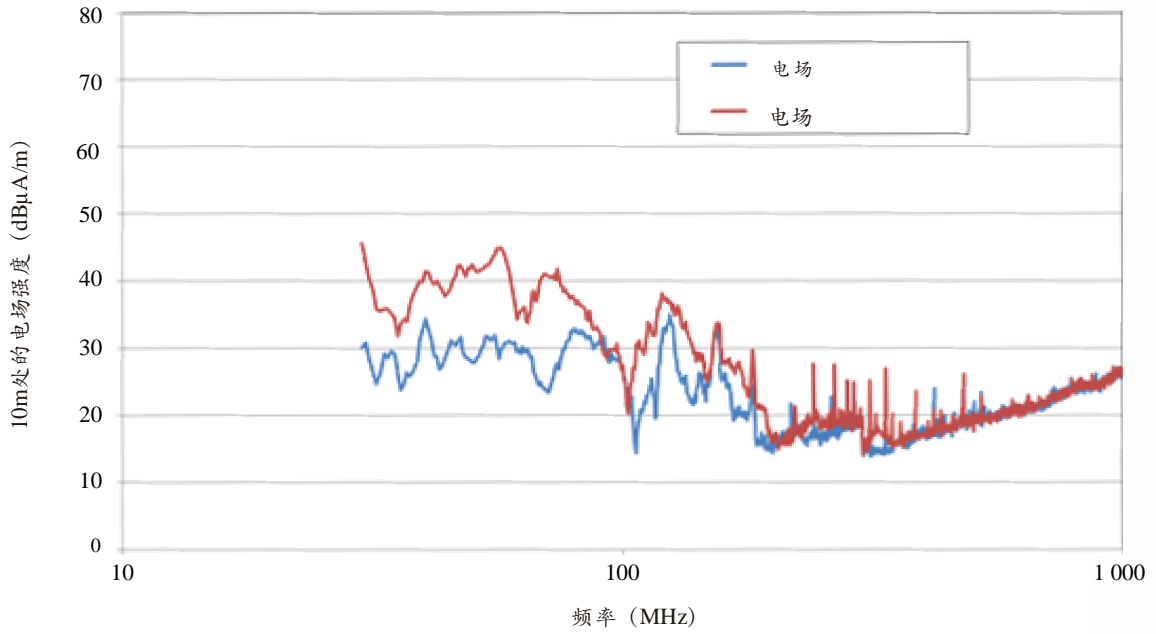
图A3-14
测试设备A的辐射噪声 (30 MHz-1 GHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-14

图A3-15

测试设备B的辐射噪声 (30 MHz-1 GHz, 峰值)



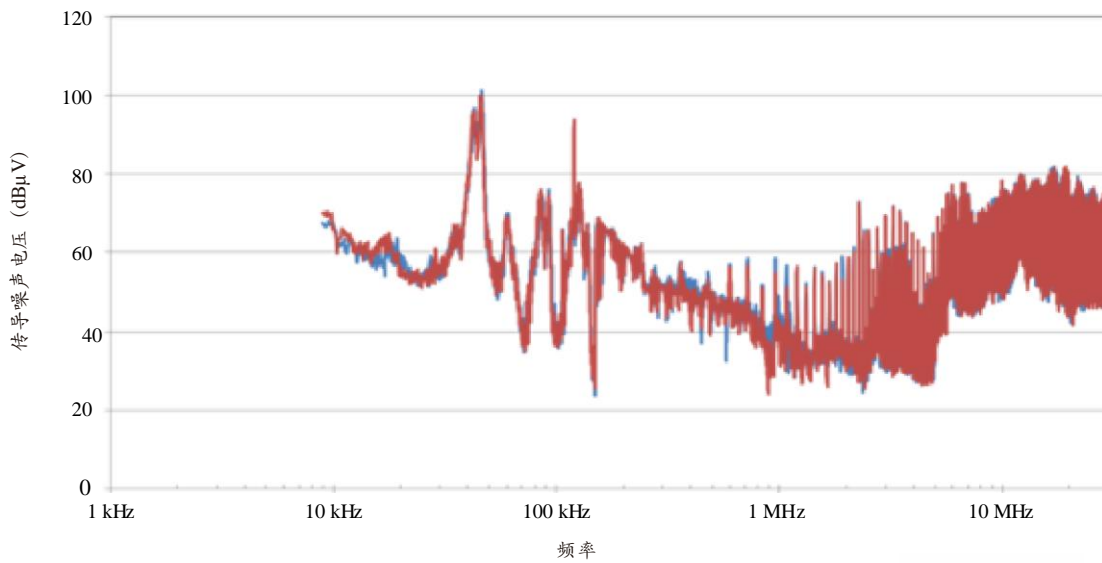
SM.2303报告-A2303-A3-15

(3) 传导噪声的测量结果

30 MHz - 1 GHz频率范围的传导噪声的测量结果如图A3-16和图A3-17所示。

图A3-16

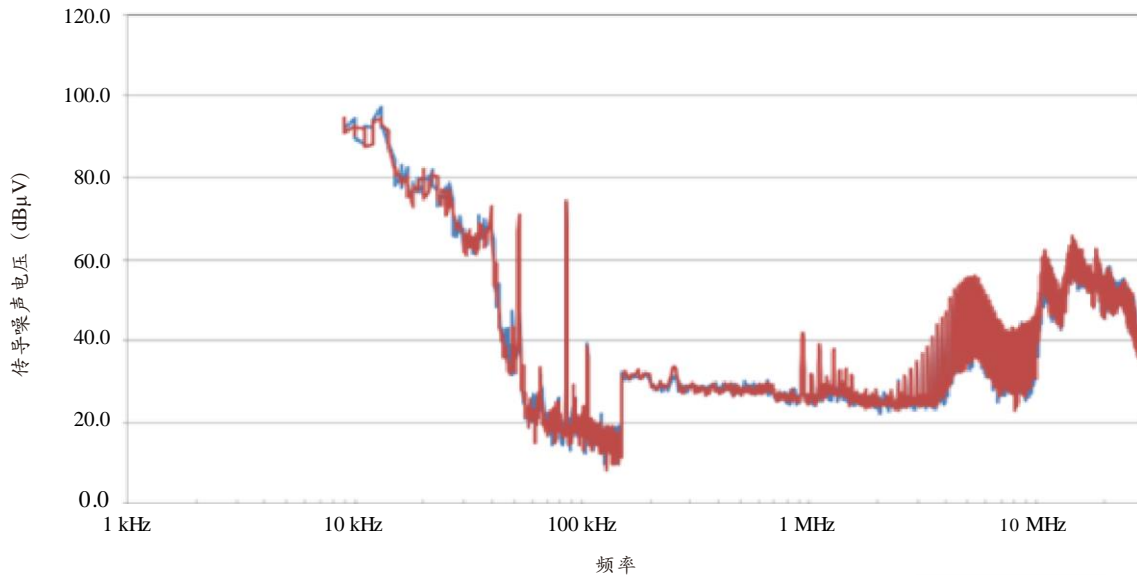
测试设备A的传导噪声 (9 kHz-30 MHz, 峰值)



SM.23 03报告-A2303-A3-16

图A3-17

测试设备B的传导噪声 (9 kHz-30 MHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-17

4.2 利用磁共振技术的、移动和便携设备的测量结果

(1) 测试设备概述

表A3-2概述了利用磁共振技术的、用于移动和便携设备的测试设备。WPT频率为6.78 MHz。图A3-18描述了用于该测试设备的、典型的线圈结构。

此处接受测试的便携设备包括内部的线圈结构。该测试设备的传输功率为16.8 W。之后的测试结果显示，传输功率转化为100 W，利用§ 4.1(2)中所述的转换因子，测量距离转换为30 m。值得注意的是，测试设备不包括任何用于抑制WPT频率更高次谐波的设备。

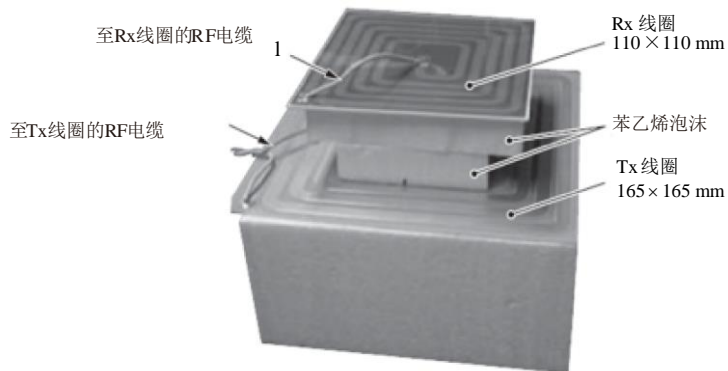
表A3-2

利用磁共振技术的、用于移动和便携设备的测试设备概述

WPT系统	移动设备和IT设备
WPT技术	磁共振
WPT频率	6.78 MHz
WPT条件	传输功率: 16.8 W 电力传输距离: 几厘米

图A3-18

利用磁共振技术的、用于移动和便携设备的、测试设备典型的线圈结构



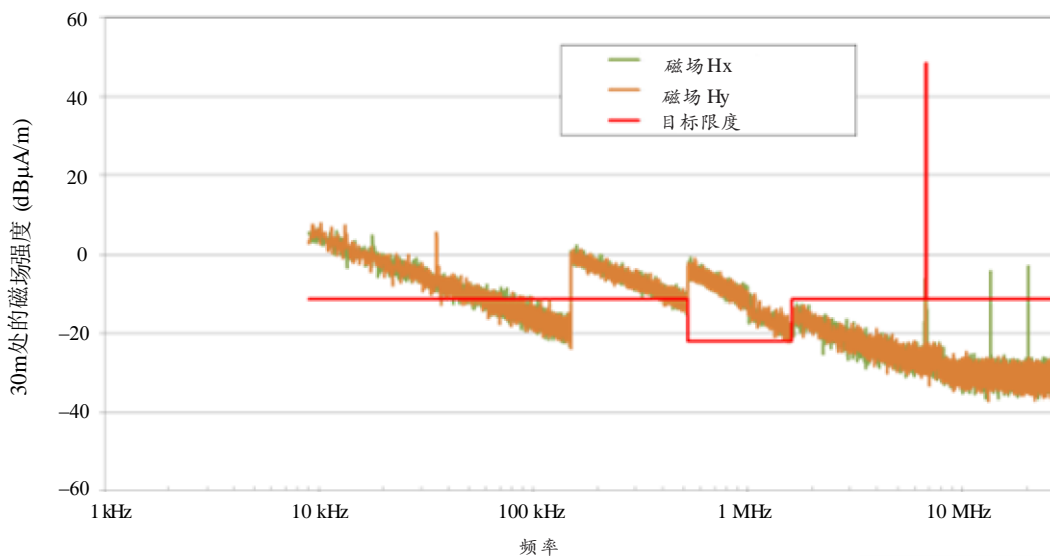
SM.2303报告-A2303-A3-18

(2) 辐射噪声的测量结果

在屏蔽的消音室中对来自测试设备的辐射噪声进行了测量。9 kHz-30 MHz、30 MHz-1 GHz、1 GHz-6 GHz频率范围的测量结果分别如图A3-19、图A3-20、图A3-21所示。此外，图A3-22描述了该测试设备更高次谐波的测量结果。通过这些测量结果发现，该测试设备清除了WPT频率的、假设的辐射噪声目标限度。此外，通过这些测量结果发现，1 GHz以上没有任何辐射噪声。

图A3-19

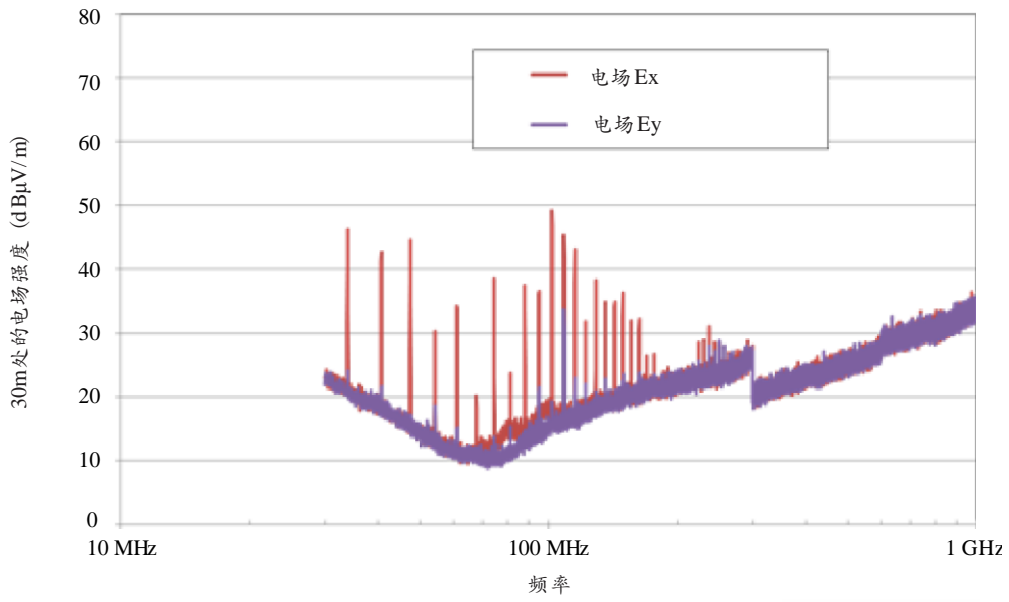
测试设备B的辐射噪声 (9 kHz-30 MHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-19

图A3-20

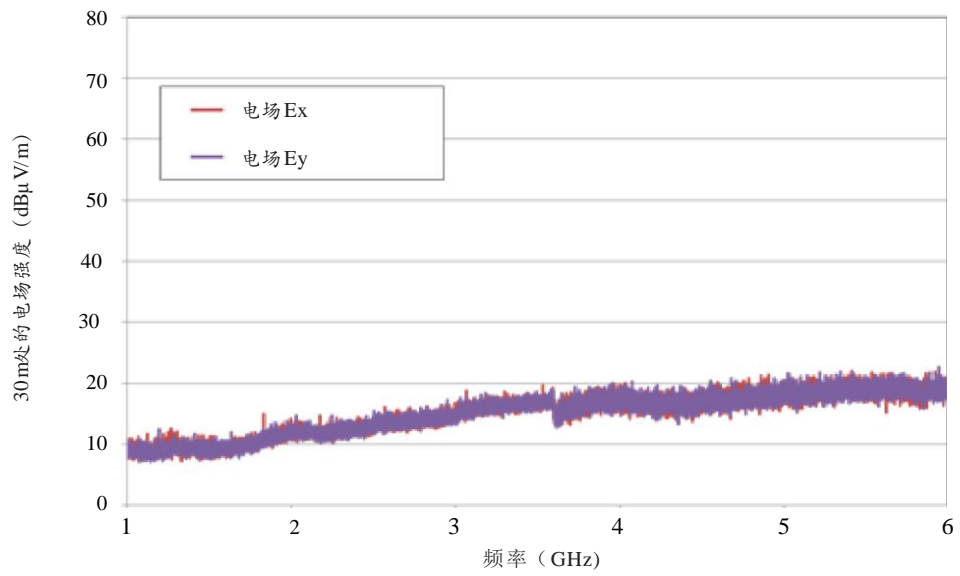
测试设备的辐射噪声 (30 MHz-1 GHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-20

图A3-21

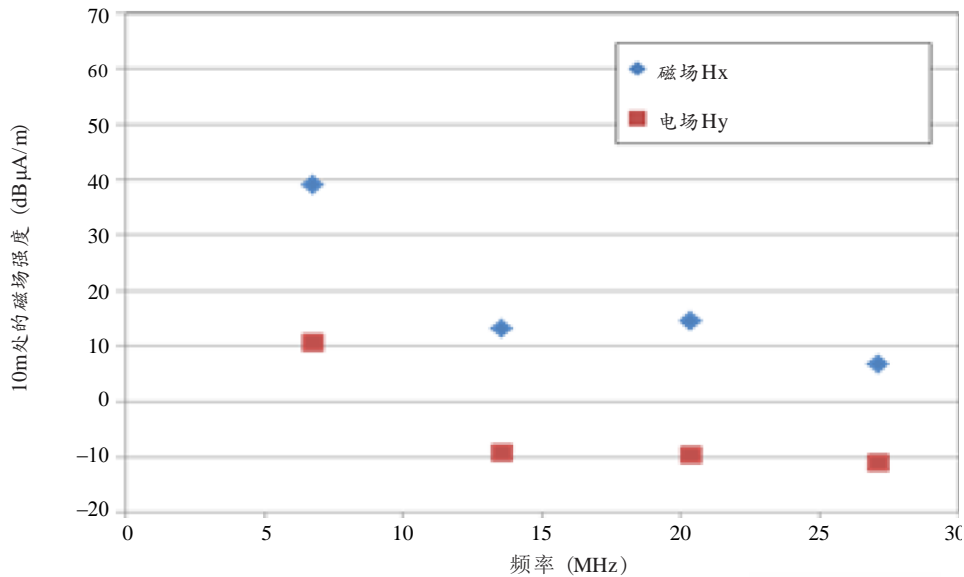
测试设备的辐射噪声 (1 GHz-6 GHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-21

图A3-22

高次谐波的测量结果（准峰值）



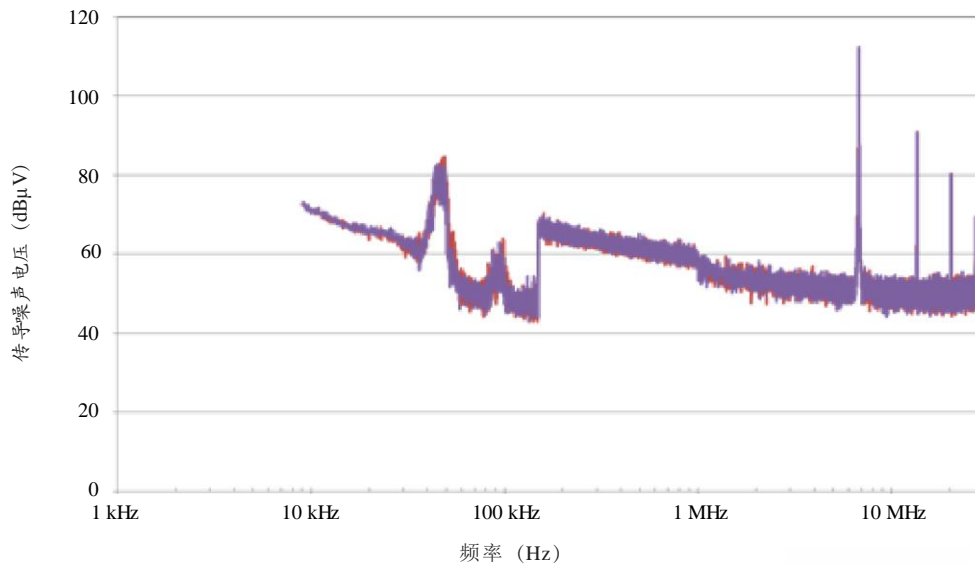
SM.2303报告-A2303-A3-22

(3) 传导噪声的测量结果

30 MHz-1 GHz频率范围的传导噪声的测量结果如图A3-24所示。

图A3-23

测试设备的传导噪声（9 kHz-30 MHz，峰值）



SM.2303报告-A2303-A3-23

4.3 利用磁感应技术的、家用电器的测量结果

(1) 测试设备概述

表A3-3概述了利用磁感应技术的、用于家用电器的测试设备。对该WPT系统有两种线圈结构，如图A3-25所示。WPT频率为23.4 kHz和94 kHz。测试设备A、测试设备B的传输功率分别为1.5 kW、1.2 kW。利用§ 4.1(2)中所述的转换因子，测量距离转换为30 m。值得注意的是，两部分测试设备不包括任何用于抑制WPT频率更高次谐波的设备。

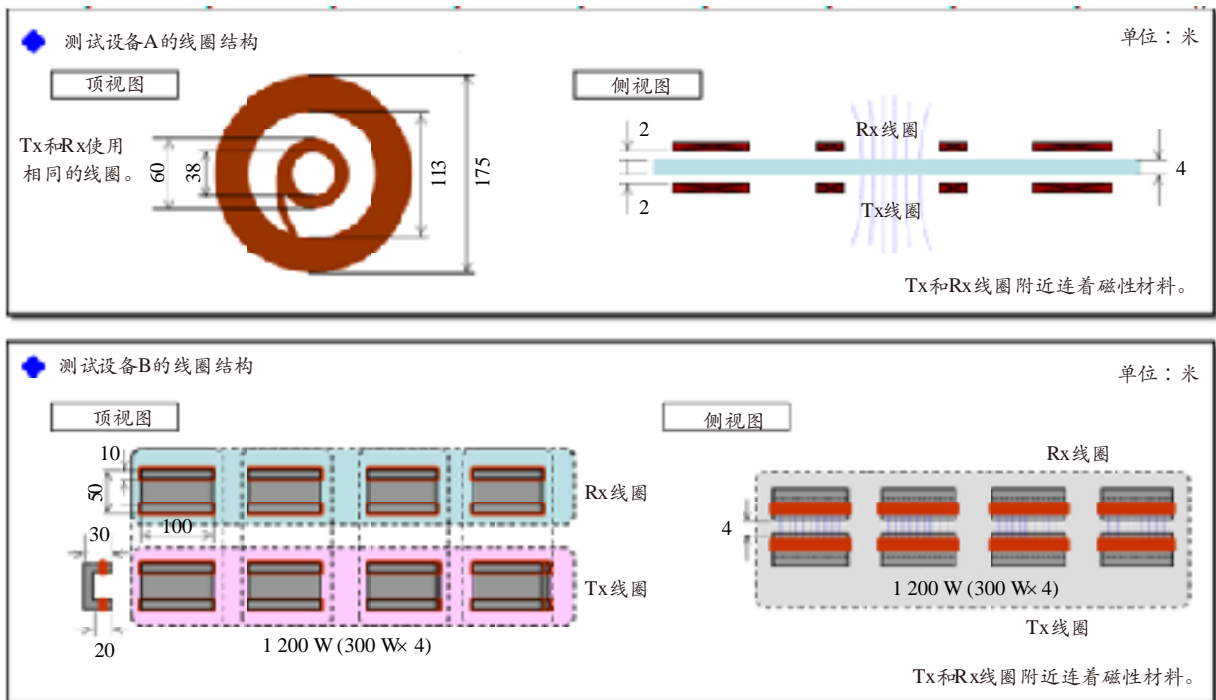
表A3-3

利用磁感应技术的、用于家用电器的测试设备概述

WPT系统	家用电器
WPT技术	磁感应技术
WPT频率	测试设备A: 23.4 kHz 测试设备B: 95 kHz
WPT条件	传输功率(测试设备A): 1.5 kW 传输功率(测试设备B): 1.2 kW 电力传输距离: 小于1 cm

图A3-24

利用磁感应技术的、用于家用电器的、测试设备典型的线圈结构



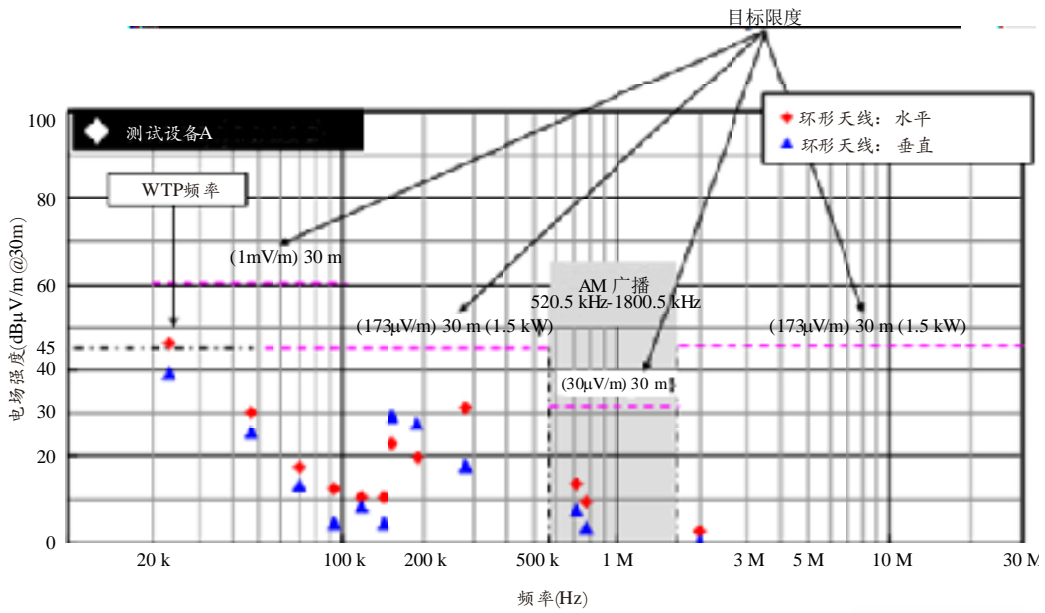
SM.2303报告-A2303-A3-24

(2) 辐射噪声的测量结果

在屏蔽的消音室中对来自各测试设备的辐射噪声进行了测量。对各测试设备, 9 kHz-30 MHz频率范围的测量结果如图A3-26、图A3-27所示。只对测试设备A进行了30 MHz-1 GHz频率范围的测量, 测量结果如图A3-28所示。通过这些测量结果发现, 这两部分测试设备清除了WPT频率和更高频率的、假设的辐射噪声目标限度。

图A3-25

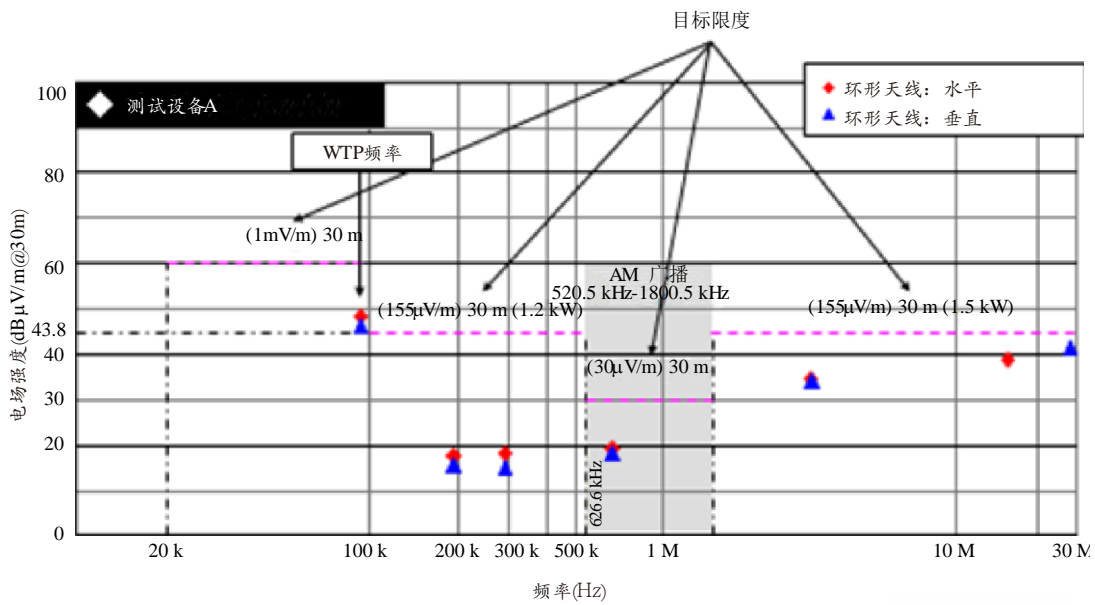
测试设备A的辐射噪声 (9 kHz-30 MHz, 准峰值)



SM.2303报告-A23 03-A3-25

图A3-26

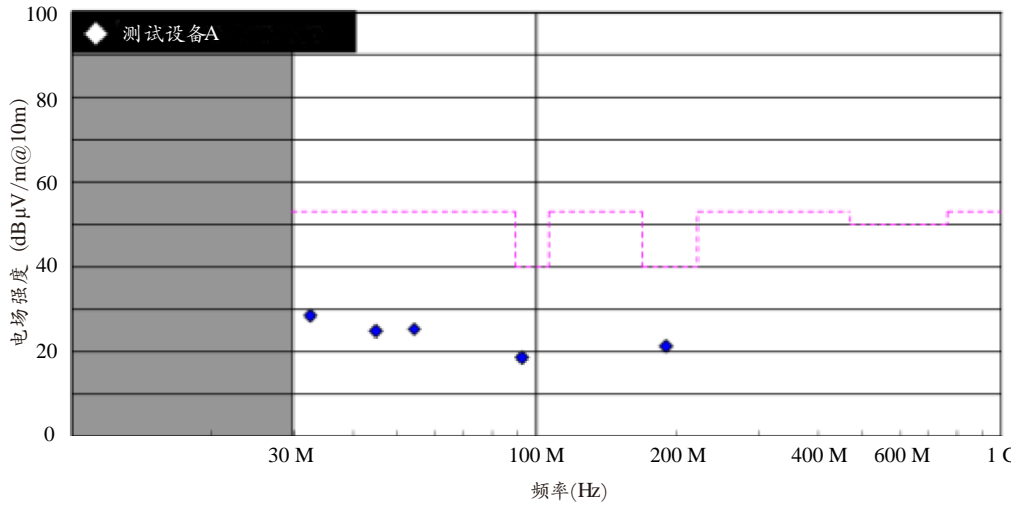
测试设备B的辐射噪声 (9 kHz-30 MHz, 准峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-26

图A3-27

测试设备A的辐射噪声 (30 MHz-1 GHz, 准峰值)



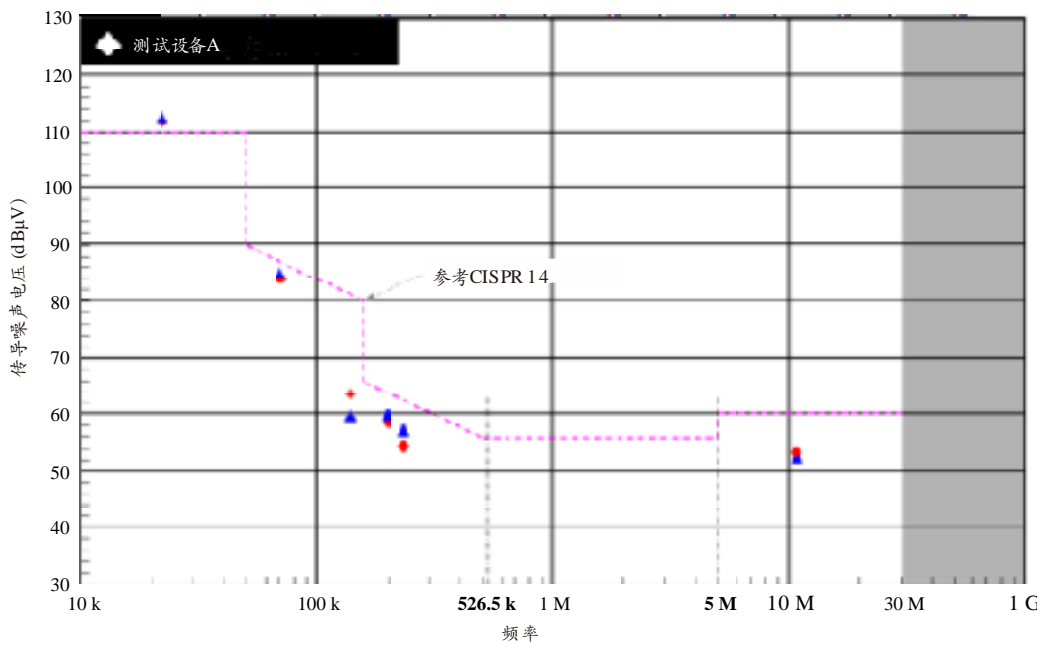
SM.2303报告-A2303-A3-27

(3) 传导噪声的测量结果

9 kHz-30 MHz频率范围的传导噪声的测量结果如图A3-29所示。

图A3-28

测试设备A的传导噪声 (9 kHz-30 MHz, 准峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-28

4.4 利用电容耦合技术的、移动和便携设备的测量结果

(1) 测试设备概述

表A3-4概述了利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的测试设备。图A3-30和图A3-31分别显示了用于该测量的测试设备以及WPT系统框图。WPT频率为493 kHz。最大传输功率为40 W。值得注意的是，该测试设备尽可能多地采用了商用产品要求，包括旨在抑制辐射和高次谐波的屏蔽设计。

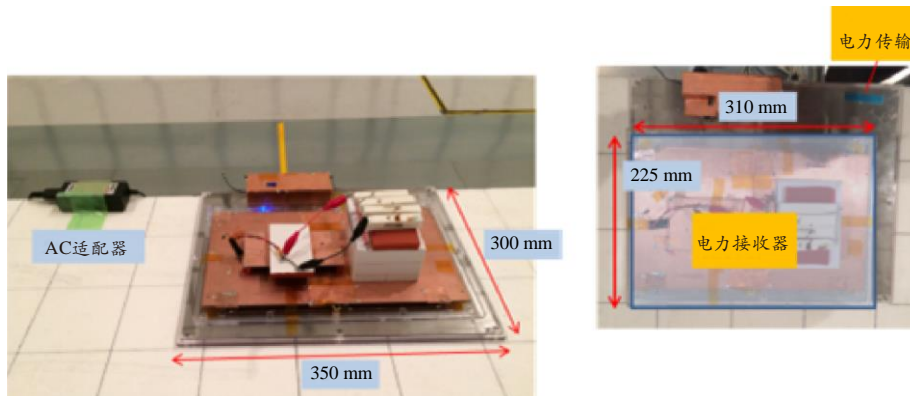
表A3-4

利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的测试设备概述

WPT系统	移动设备和IT设备
WPT技术	电场耦合
WPT频率	493 kHz
WPT条件	传输功率：最大40 W 电力传输距离：2 mm

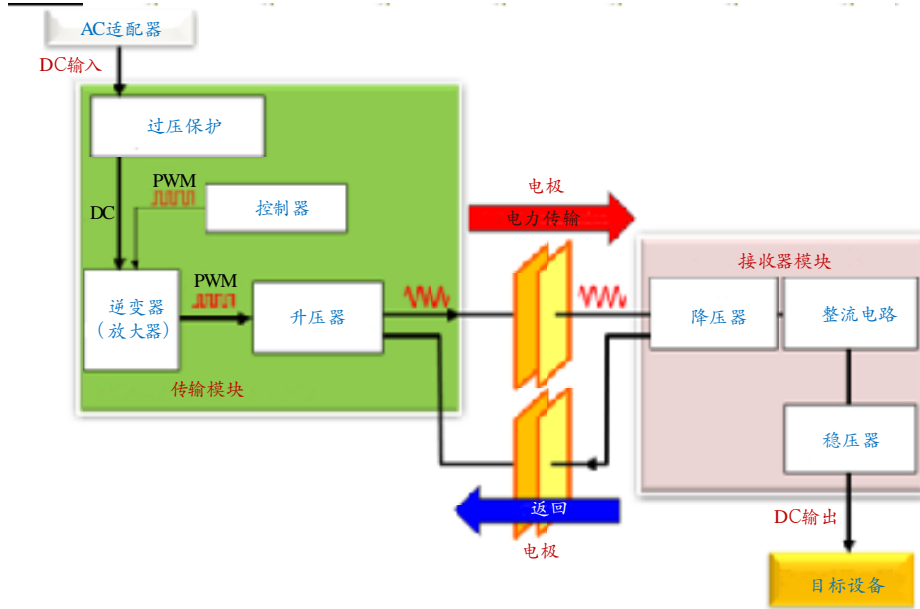
图A3-29

利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的测试设备



图A3-30

利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的WPT系统框图



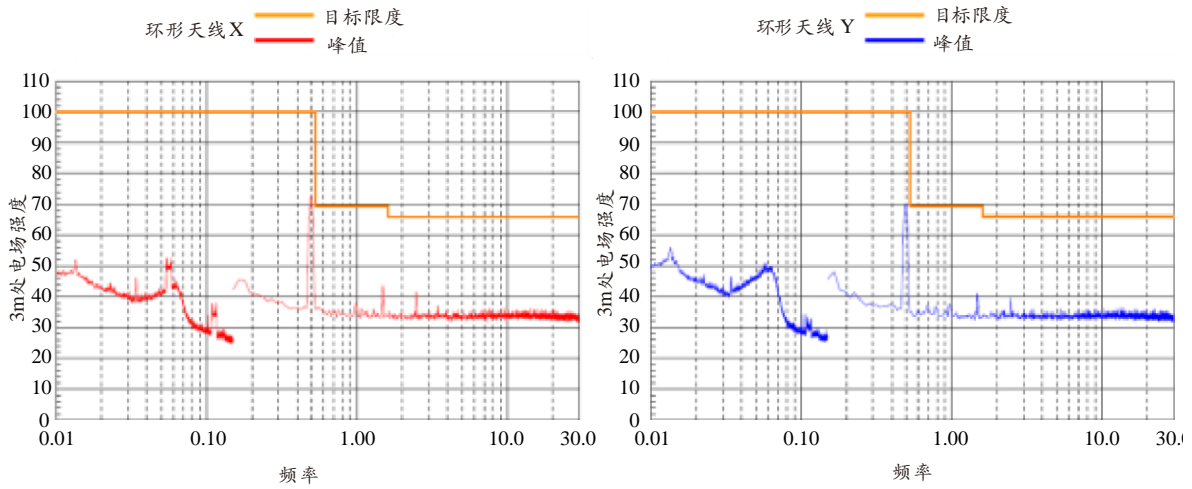
SM.2303报告-A2303-A3-30

(2) 辐射噪声的测量结果

在屏蔽的消音室中对来自该测试设备的辐射噪声进行了测量。9 kHz-30 MHz、30 MHz-1 GHz、1 GHz-6 GHz频率范围的测量结果分别如图A3-32、图A3-33、图A3-34所示。图A3-32的测量结果表明，辐射噪声小于假设的目标限度，这可能是由于使用了抑制辐射和发射的手段。

图A3-31

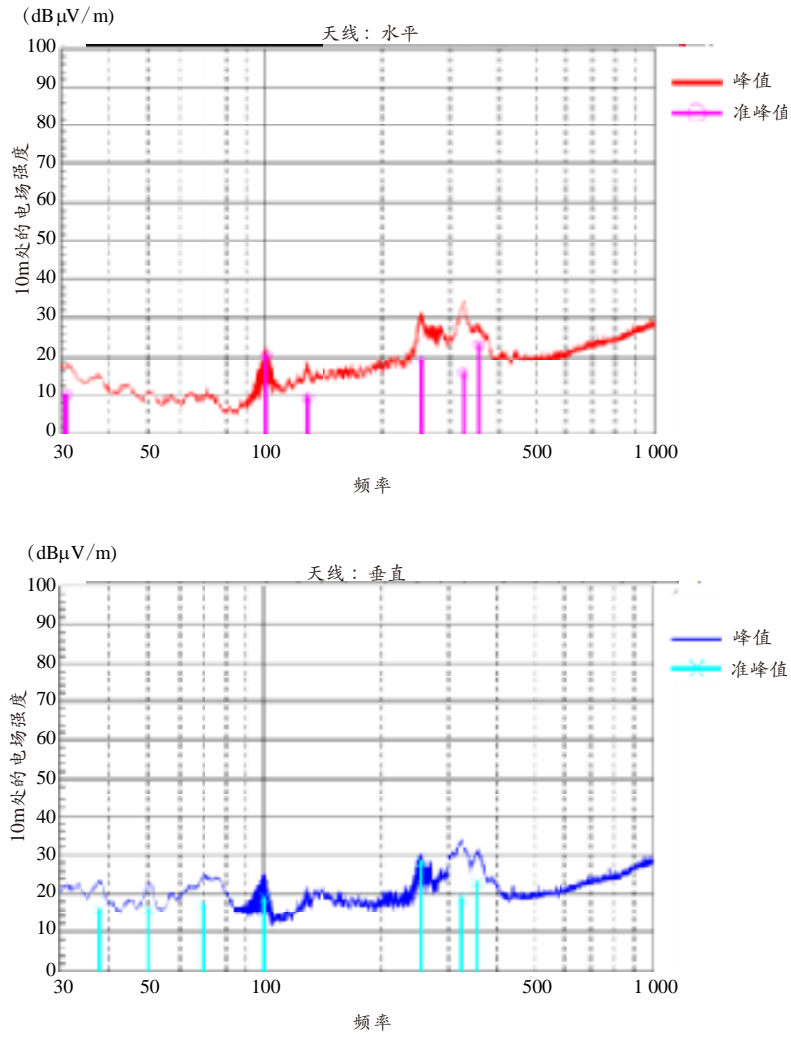
辐射噪声 (9 kHz-30 MHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-31

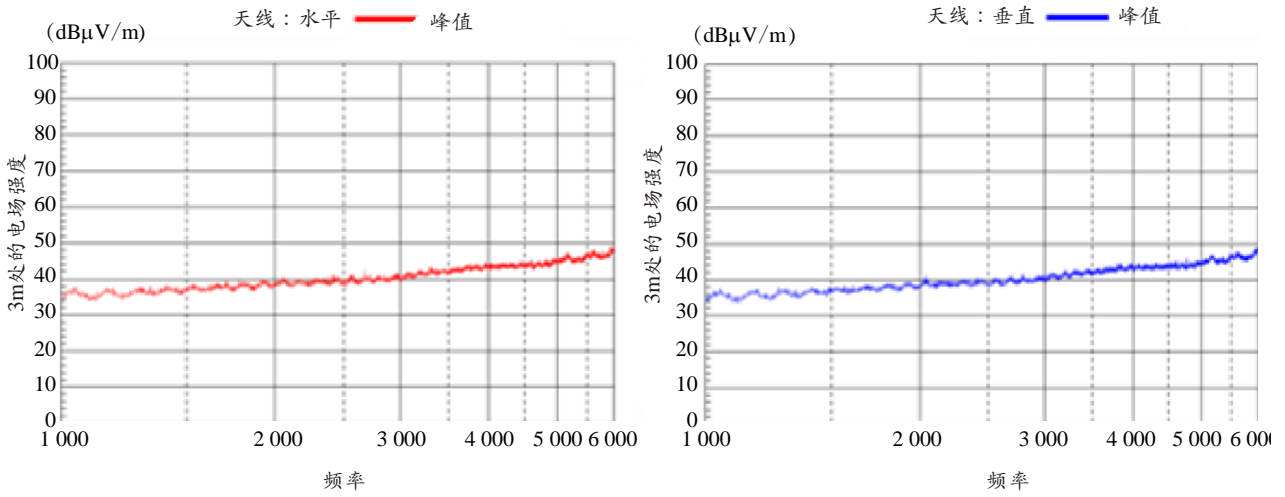
图A3-32

辐射噪声 (30 MHz-1 GHz, 峰值和准峰值)



图A3-33

辐射噪声 (1 - 6 GHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-33

(3) 传导噪声的测量结果

9 kHz-30 MHz频率范围的传导噪声的测量结果如图A3-34所示。

图A3-34

测试设备的传导噪声 (9 kHz-30 MHz, 峰值和准峰值)

