

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2303-0 报告
(06/2014)

**利用非射频波束技术
进行无线电力传输**

**SM 系列
频谱管理**

15 
1865-2015

 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
2015年，日内瓦

© 国际电联 2015

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.2303-0 报告

利用非射频波束技术进行无线电力传输

1 引言

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。

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APT调查报告[1]就提供了亚太电信社群（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WPT。

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6780 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

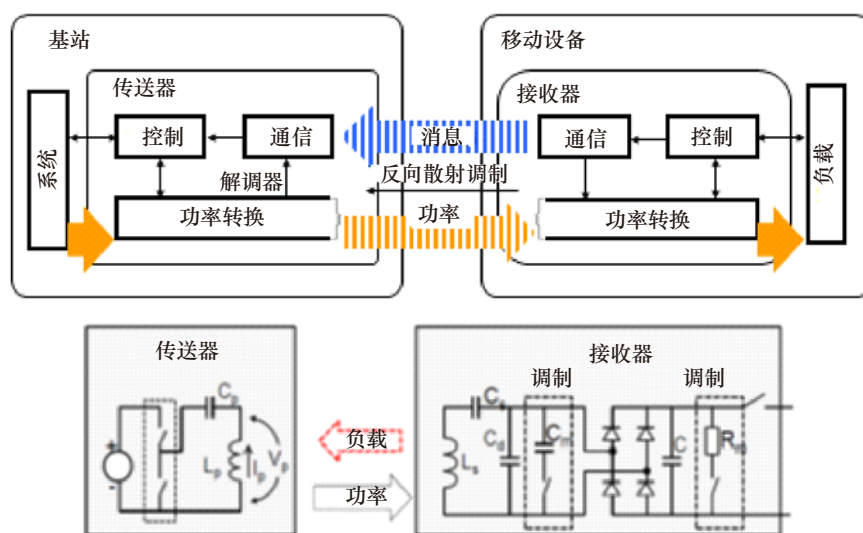
3.1 便携和移动设备

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报告-A23 03-3-01

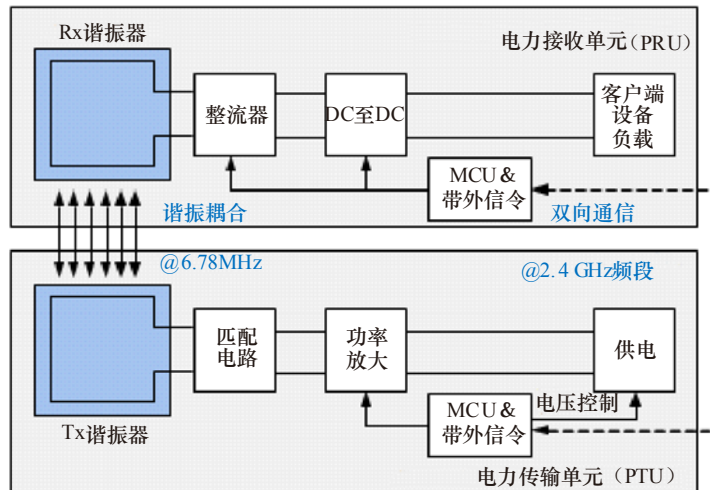
3.1.2 磁共振WPT技术

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报告-A2303-3-02

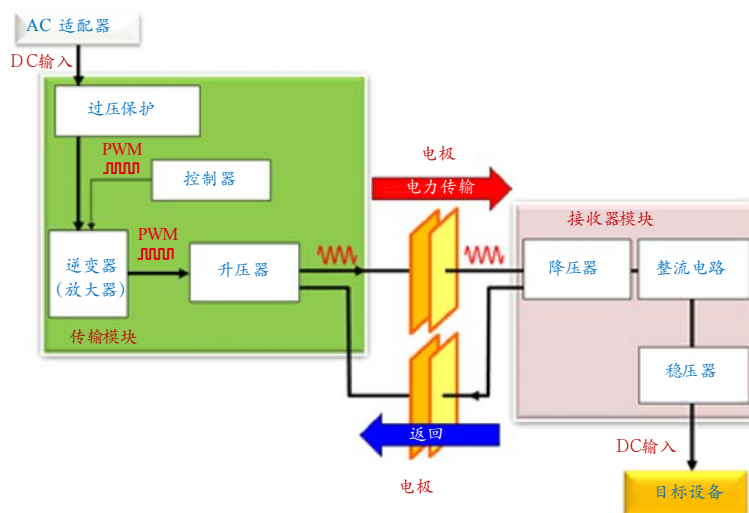
3.1.3 电容耦合WPT

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

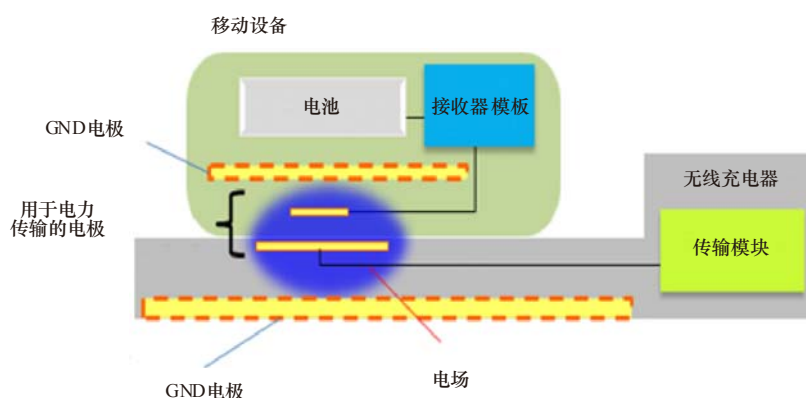
电容耦合WPT系统框图



SM.2303报告-A2303-3-03

图 3.4

电容耦合系统的典型结构



SM.2303报告-A2303-3-04

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 kHz – 100 kHz。

用在厨房中的产品必须满足安全性和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报告-A2303-3-05

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报告-A2303-3-06

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。

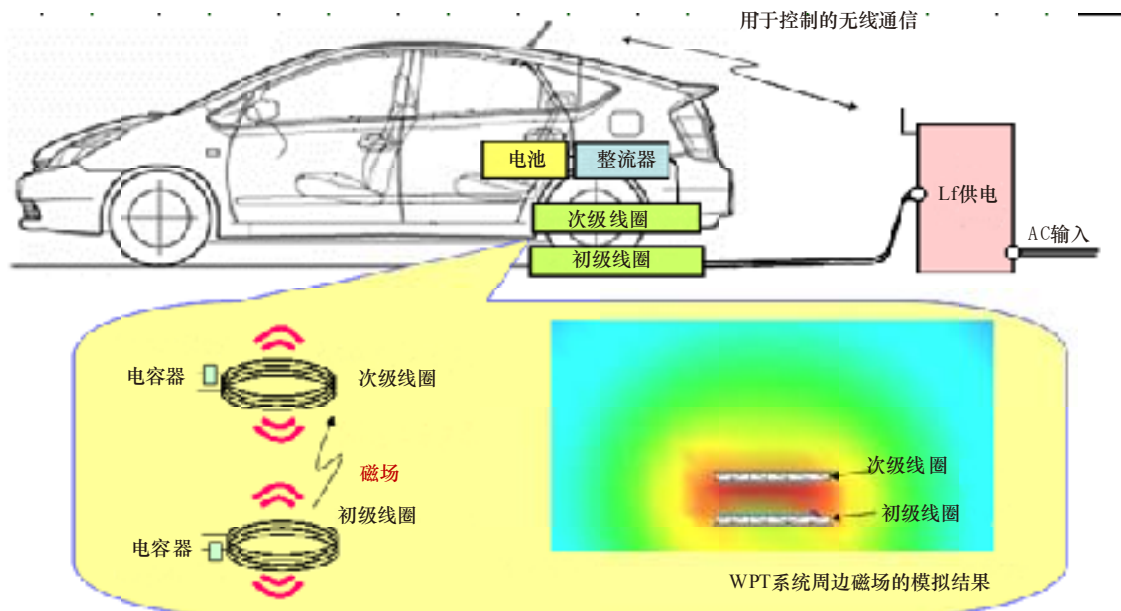
对预期的载客车辆应用，有以下几方面假设：

- 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

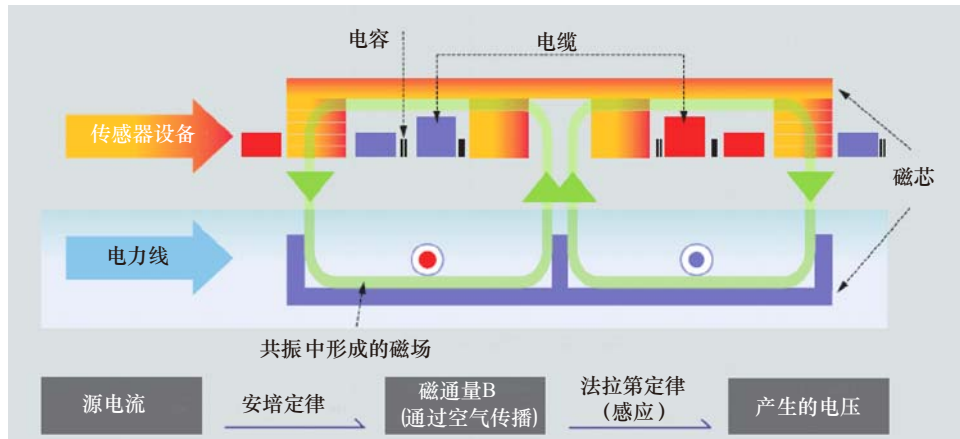


SM.2303报告-A2303-3-07

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汽车库中、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报告-A2303-3-08

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报告-A2303-3-09

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 WPT工作组（宽带无线论坛，日本）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现正在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2014年批准。其它项的功率较高（> 50 W），预计在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6765 - 6795 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，MIC的目标是指导完成WPT的新规定，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。对此，第6章中有进一步的信息。关于BWF最近的研究结果，新规则制定工作正在进行中。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。
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 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。
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
ITU-R SG1 WP1A	WPT监管和评估方面的建议书/报告： – 问题ITU-R 210-3/1 – 2012年11月对问题进行了更新 – 为撰写报告/建议书，2013年6月设立了CG-WPT
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。
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

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通信的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通信之频率的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、对提供无线电力传输（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 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。					
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。

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 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。正在对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，以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）。

在日本，BWF、IEC、SAE和JARI已对停止状态的电动车WPT做了考虑。确定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。分频段42 - 48 kHz、52 - 58 kHz 79 - 90 kHz、140.91 - 148.5 kHz是频谱共享问题研究以及现有应用（包括时钟电台和铁路电台系统）共存问题研究的焦点。当前，对WPT而言，频率范围79 - 90 kHz是最有可能的候选方案，原因是，目前，在BWF、IEC、SAE和JARI的研究中表明，使用该频段最不可能造成对其它服务的干扰。

(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。

5.2 用于国家级WPT的ISM频段

6765 - 6795 kHz

13.56 MHz

(i) 磁共振

在一些国家，6765 - 6795 kHz支持低功率的磁共振WPT。在《无线电规则》No. 5.138中，6765 - 6795 kHz被指定为一个ISM频段。

在日本，传输射频功率限值至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。

765 - 765 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6765 - 6795 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/便携设备、 平板电脑、笔记本 电脑、微机	移动/便携设备、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： 6765 - 6795 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： 6765 - 6795 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

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
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
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	无线充电联盟 (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

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
频率范围	42 - 48 kHz、 52 - 58 kHz、 79 - 90 kHz, 以及 140.91 - 148.5 kHz正在研究中。	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
有关的联盟/国际标准	IEC 61980-1 (TC69)	
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)	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6765 - 6795 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	场强限值（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	应用名车	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）

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)

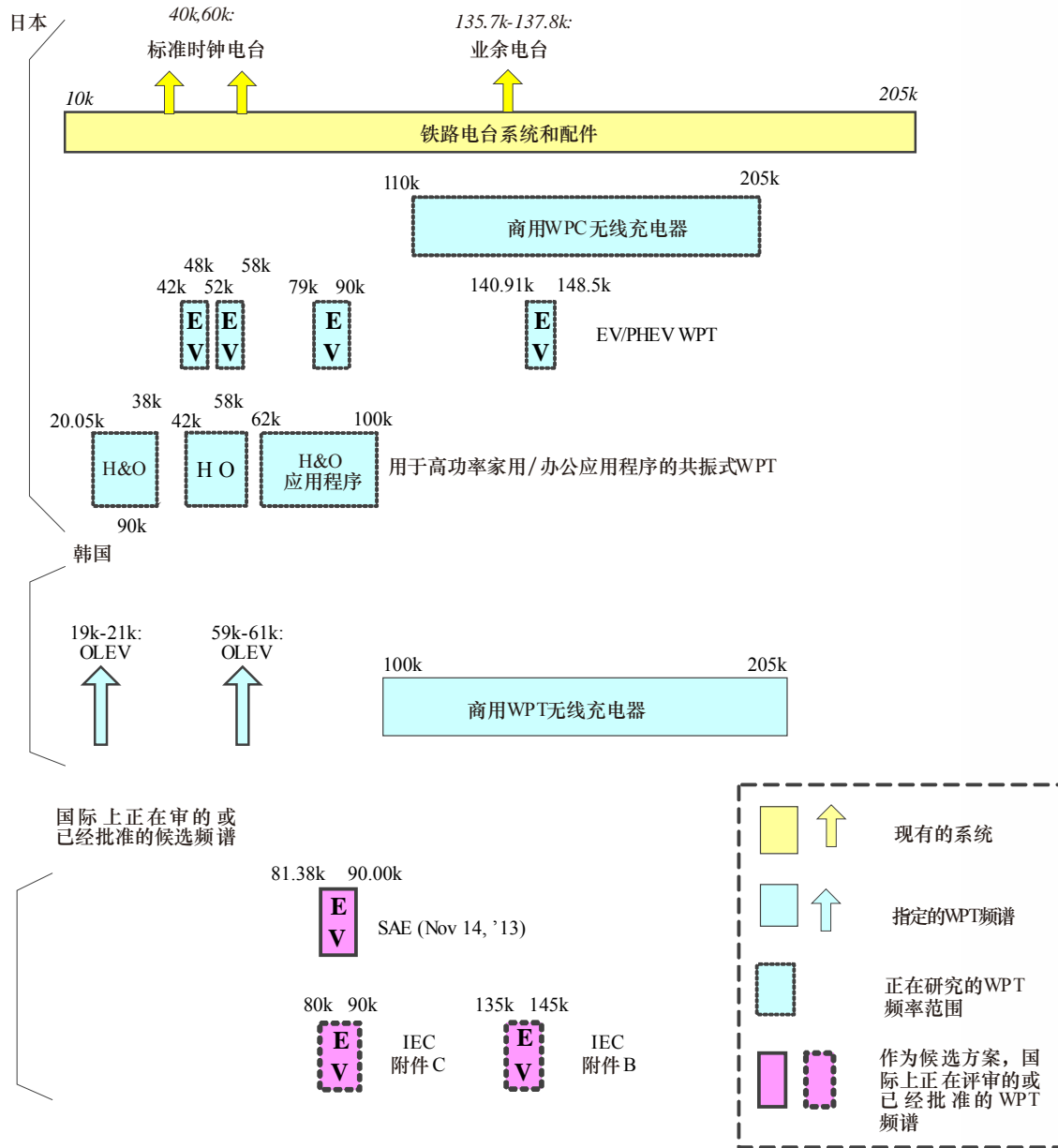
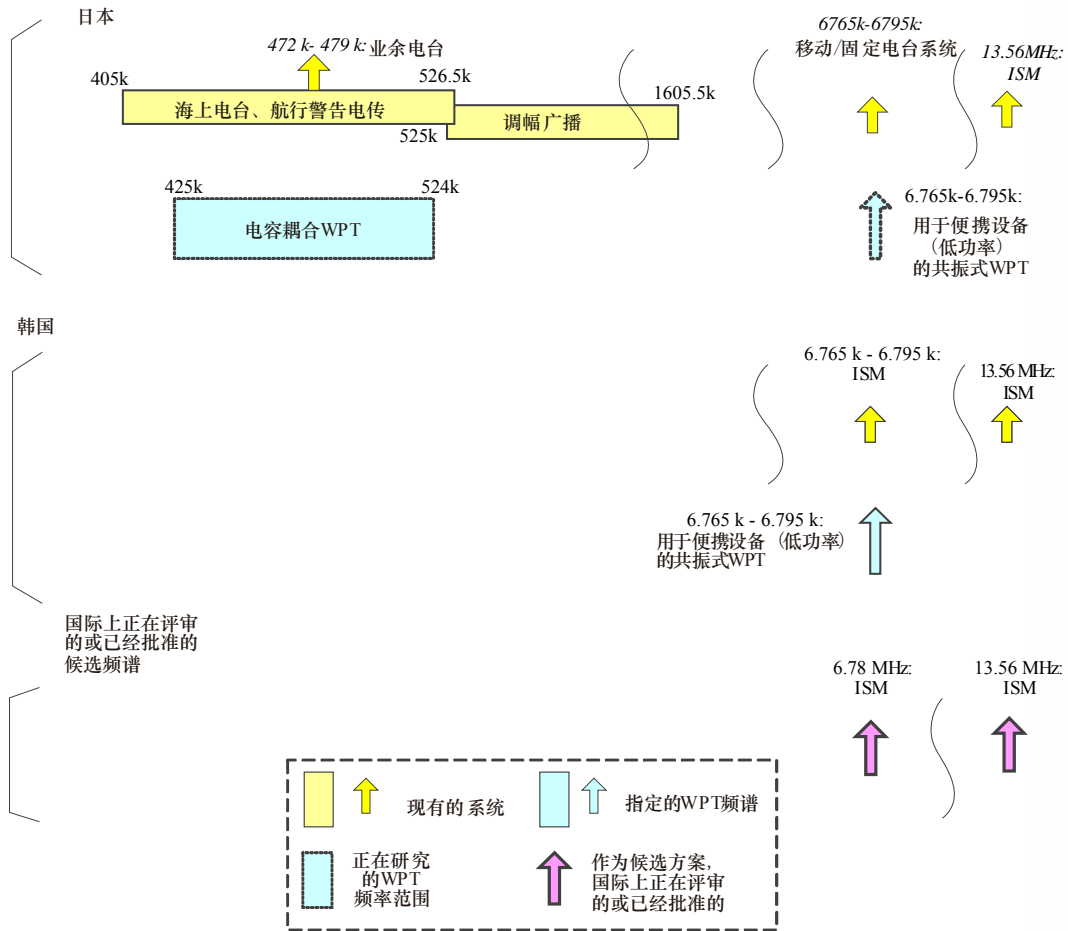


图 7.2
所涉WPT频谱和现有系统 (400 kHz - 13.56 MHz)



SM.2303报告-A23 03-3-02

日本正在讨论如表7.1所示的WPT技术。对在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 WG在议的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

表 7.1 (结束)

目标WPT应用	(b)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)
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)	6765 - 6795 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

在日本的规则中，任何传输功率不超过50 W的设备通常都不得要求管理者赋予操作权限。目前，表7.1中提议的技术(b)、技术(c)和技术(d)打算在各频谱上以不超过50 W的功率进行操作。在完成对如何与相关的现有无线电通信业务成功共存问题的研究后，这些技术有望增加传输功率，使之今后能够大于50 W。

对日本与WPT有关的监管问题感兴趣者可参考2013年4月的“无线电力传输技术使用指南，版本2.0” [2]。 <http://bwf-yrp.net/english/update/2013/10/guidelines-for-the-use-of-wireless-power-transmission-technologies.html>

日本已经确定了国内可能遭受工作频段内/外之WPT辐射的现有系统。MIC的WPT WG已责令有关方面调查WPT辐射可能引起的副作用（如系统性能退化）。此外，该WG建议开展必要的谈判，以便找到适当的共存条件。在所议WPT频谱上/周边发现了许多现有的系统。典型的频率列于表5.1和表5.2中。它们包括标准时钟电台、业余电台、铁路电台系统、海上电台/航行警告电传、调幅广播业务等，在图7.1和图7.2中也对之做了说明。2014年4月的一些研究结果和正在开展的分析工作如表7.2所示。

此外，该WG对来自WPT系统的辐射噪声和传导噪声进行了辐射测量，如表7.1所示，以讨论辐射限度以及与现有系统的共存条件。测得的数据如附件3所示。

表 7.2

日本对共存问题的研究和正在开展的工作概述

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
用于家用设备/办公设备 WPT (2) (共振、高功率)	20.05-38 kHz、42-58 kHz、62-100 kHz (注 – 电力传输频率从上述范围中选择。使用基本波频率 $\pm 30\%$ 内的频谱。)	1) 标准时钟电台 (40 kHz、60 kHz) 2) 铁路系统 (10-250 kHz) 3) LORAN-C、eLORAN (9-100 kHz) 4) 调幅广播 (525.6-1606.5 kHz)	1) 标准时钟电台：分隔距离10 m作为一条共存准则。除了基波特性，当其落在标准时钟电台工作频段时，也对整数谐波进行检查。2014年4月进行的评估显示了以下结果和正在进行的考虑。 <ul style="list-style-type: none"> • 标准电台时钟工作频段之外，62 kHz要求的最大分隔距离为12.9 m。 • 标准电台时钟工作频段之内，60 kHz要求的最大分隔距离为24.6 m。 • 考虑对工作时间条件做额外的测量，原因是，在午夜时分，未期待或未看到家用设备/办公设备的WPT工作有所减少，其时，标准时钟电台仍频繁地收到它们的信号。家用电器WPT对电台广告的危害可能导致更少的干扰，由于利用时间完全并重叠，因此可更好地共享相同的频谱。 • WPT谐波生成的20.05 kHz和30 kHz基本波落在标准时钟电台工作频谱中。这对确保非有害干扰至关重要。需要对候选频率范围和WPT工作条件做重新考虑。 2) 铁路系统： <ul style="list-style-type: none"> • 与ATS（列车自动停止）和ITRS（感应列车电台系统）的共存准则是：(a)WPT频段不应与列车信令系统（包括ATS）所用的频段重叠；或者(b)分隔距离应小于列车系统建设标准中规定的阈值（1.9 m）。 • ATS（列车自动停止）：参照现有的ATS测试规则，已经获得WPT家用设备/办公设备与ATS之间共存所需的分隔距离。没有无线电阻断目标（如WPT与ATS之间的建筑物墙壁）的模型被假定为最坏的情况。评估表明，当水平分隔距离不小于1.8 m时，WPT不会对ATS产生有害干扰。

表 7.2 (继续)

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
			<ul style="list-style-type: none"> • 感应列车电台系统： <ul style="list-style-type: none"> – 20.05-38 kHz和42-58 kHz：使用空间传播媒介的列车系统不使用这些频率范围；WPT可用之实现共存。 – 62-100 kHz：该频率范围包括一个用于ITRS（从地面系统传送至列车）的频段。根据计算结果，要求的分隔距离为11 m。在使用该频率范围的服务段，感应线路和车载天线沿铁轨中心线排列。然后，需要确保的分隔距离约为1.9 m，它来自列车系统建设标准中规定的阈值。为满足这一准则，要求在最小分隔距离上减少25 dB的WPT辐射强度。鉴于这些考虑因素并假定ITRS频段3 kHz的保护频段，可能的WPT频率范围62-77 kHz、83-89 kHz和95-100 kHz可满足与ITRS的共存条件。 3) LORAN-C、eLORAN (90-100 kHz) • 海上无线电通信运营商评论说，该频谱不应安排用于WPT。 4) 调幅广播：共存条件和要求尚未获得批准，仍在讨论中。分隔距离计算模型和方法也在讨论中。下一步，应同意上面所示的必要条件，并应考虑干扰缓解措施，包括干扰模型的定义、来自WPT的辐射电场辐射强度、用于计算的墙壁衰减、来自WPT设备的累积干扰、干扰试验、背景噪音的影响等。期待进行现场试验。
用于电动车的WPT (注 – 不仅考虑了国内频率的可用性，也考虑了全球频率的统一性。考虑到最新的SAE和IEC讨论，	42-48 kHz		<ol style="list-style-type: none"> 1) 标准时钟电台：分隔距离10米用作共处标准。评估2014年4月显示，分离所需的距离是41.9米的。认为很难达到共存要求即使额外的干扰采取缓解措施。标准时钟电台：分隔距离10 m作为一条共存准则。2014年4月进行的评估显示，所需分隔距离为41.9 m。即使采取额外的干扰缓解措施，也认为满足共存条件要求是困难的。 2) 铁路系统： <ul style="list-style-type: none"> • 与ATS（列车自动停止）和ITRS（感应列车电台系统）的共存准则是：(a)WPT频段不应与列车信令系统（包括ATS）所用的频段重叠；或者(b)分隔距离应小于列车系统建设标准中规定的阈值（1.9 m）。

表 7.2 (继续)

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
假定85 kHz为主频。在感应式列车电台系统的讨论中，由于频谱重叠或邻近，因此主要对140.91-148.5 kHz进行了调查。			<ul style="list-style-type: none"> • ATS: 对安装于家庭车库中的WPT (标称3 kW)，所需的分隔距离是2.2 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。对计划用更大功率进行充电的公共停车场中的WPT (标称7.7 kW)，所需的分离距离是2.6 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。 • ITRS: 使用空间传播媒介的铁路系统不用该频率范围；WPT可用之实现与ITRS的共存。 <p>3) LORAN-C、eLORAN: N/A</p> <p>4) 调幅广播: 参见79-90 kHz部分。</p>
	52-58 kHz		<p>1) 标准时钟电台: 分隔距离10 m作为一条共存准则。2014年4月进行的评估显示，所需分隔距离为28.9 m。即使采取额外的干扰缓解措施，也认为满足共存条件要求是困难的。</p> <p>2) 铁路系统:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 与ATS (列车自动停止) 和ITRS (感应列车电台系统) 的共存准则如42-48 kHz情形下的(a)和(b)所示。 • ATS: 对安装于家庭车库中的WPT (标称3 kW)，所需的分隔距离是2.2 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。对计划用更大功率进行充电的公共停车场中的WPT (标称7.7 kW)，所需的分离距离是2.6 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。 • ITRS: 使用空间传播媒介的铁路系统不用该频率范围；WPT可用之实现与ITRS的共存。 <p>3) LORAN-C、eLORAN: N/A</p> <p>4) 调幅广播: 参见79-90 kHz部分。</p>

表 7.2 (继续)

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
	79-90 kHz		<p>1) 标准时钟电台：分隔距离10 m作为一条共存准则。2014年4月进行的评估显示，所需分隔距离为20.4 m。引入了一些干预缓解技术措施，正在进行分析。利用这些技术措施，最新的评估显示，11 - 13 m的分隔距离是可用的，可以有条件地接受之。</p> <p>2) 铁路系统：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 与ATS（列车自动停止）和ITRS（感应列车电台系统）的共存准则如42-48 kHz情形下的(a)和(b)所示。 • ATS：对安装于家庭车库中的WPT（标称3 kW），所需的分隔距离是3.7 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。对计划用更大功率进行充电的公共停车场中的WPT（标称7.7 kW），所需的分离距离是4.3 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。 • ITRS：在日本的一个列车业务段中，频率范围79-90 kHz包括用于ITRS（从地面系统传送至列车）的频段。根据计算结果，从安装于车上的车载天线算起，要求的分隔距离约为45 m。在使用该频率范围的服务段，感应线路和车载天线沿铁轨中心线排列。然后，需要确保的分隔距离约为1.9 m，它来自列车系统建设标准中规定的阈值。 • 在此分隔距离条件下，辐射磁场强度应被降低80 dB或更多。不过，想通过车体、结构物和其它实际措施的影响来实现这样的衰减看起来是困难的。因此，用于电动车的WPT无法满足ITRS工作频段上的共存条件要求。特别地，应考虑频率范围80-83 kHz和89-90 kHz，以便确保来自WPT的干扰无伤害。

表 7.2 (继续)

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
			<ul style="list-style-type: none"> • 考虑到这些特定的感应电台系统工作频段排除在WPT工作频率范围之外，至少频率范围83-89 kHz对用于电动车的WPT看起来是可行的，看起来可与感应电台系统共存。如果要求的保护频段为1 kHz，以确保充分满足要求，那么在频率范围81-90 kHz上有可能与感应电台系统实现共存。已证明，在日本，使用频率范围79-90 kHz的实际业务数量是很少的。如果未来能对感应电台系统工作进行额外的频率协调，那么WPT共存可能会变得更加容易起来。 3) LORAN-C、eLORAN: N/A 4) 调幅广播：共存条件和要求尚未获得批准，仍在讨论中。分隔距离计算模型和方法也在讨论中。下一步，应同意上面所示的必要条件，并应考虑干扰缓解措施，包括干扰模型的定义、来自WPT的辐射电场辐射强度、用于计算的墙壁衰减、来自WPT设备的累积干扰、干扰试验、背景噪音的影响等。期待进行现场试验。
	140.91 - 148.5 kHz	<ol style="list-style-type: none"> 1) 标准时钟电台 (40 kHz、60 kHz) 2) 铁路系统 (10-250 kHz) 3) 业余电台 (135.7-137.8 kHz) 4) 调幅广播 (525.6-1606.5 kHz) 	<ol style="list-style-type: none"> 1) 标准时钟电台：分隔距离10 m作为一条共存准则。2014年4月进行的评估显示，所需分隔距离为17.8 m。引入了一些干预缓解技术措施，正在进行分析。利用这些技术措施，最新的评估显示，约10 m的分隔距离是可用的，可以有条件地接受之。 2) 铁路系统： <ul style="list-style-type: none"> • 与ATS（列车自动停止）和ITRS（感应列车电台系统）的共存准则如42 – 48 kHz情形下的(a)和(b)所示。 • ATS：对安装于家庭车库中的WPT（标称3 kW），所需的分隔距离是4.1 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。对计划用更大功率进行充电的公共停车场中的WPT（标称7.7 kW），所需的分离距离是4.9 m或更长。应降低研究中假定的目标WPT辐射强度，以满足列车系统建设标准中规定的阈值。

表 7.2 (继续)

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
			<ul style="list-style-type: none"> • ITRS: 频率范围100-250 kHz包括众多用于ITRS的频段, 它们在众多铁路段中得到广泛应用。根据计算结果, 从感应线路算起, 要求的分隔距离约为28 m, 从安装于车上的车载天线算起, 要求的分隔距离约为76 m。在使用该频率范围的服务段, 感应线路和车载天线沿铁轨中心线排列。然后, 需要确保的分隔距离约为1.9 m, 它来自列车系统建设标准中规定的阈值。 • 在此分隔距离条件下, 辐射磁场强度应被降低88 dB或更多。不过, 想通过车体、结构物和其它实际措施的影响来实现这样的衰减看起来是困难的。因此, 评估显示, 与140 kHz频段上的WPT看起来难以共存。 <p>3) 业余电台: 这是一种带外情形(不共享同一频谱)。用于电动车WPT的候选频率范围有适当的偏移频率(保护频段), 以便业余电台解调。因此, 干扰不采取接收器灵敏度抑制(带外), 但在其落入业余电台频段的情况下, 需要考虑来自WPT设备的谐波(杂散辐射)辐射水平。注意: 该频段是业余电台的一个邻近频段。作为准则, 参照日本《无线电法》中的辐射水平规定以及其它相关的规则, 目前对电动车WPT系统所做的假设显示是可接受的系统参数, 可用于演示可能的、对业余电台无伤害的干扰。</p> <p>4) 调幅广播: 参见79-90 kHz部分。</p>

表 7.2 (结束)

目标WPT应用	候选频率范围	WPT频段内/周边现有的系统	共存问题研究结果和正在开展的讨论 (注 – 本列中的“分隔距离”在评估模型的最差案例情形下计算得到)
用于移动设备的WPT (2) (电容耦合)	425-524 kHz 最近, 已对候选频率范围480-524 kHz进行了扩展, 以便为海上无线电服务寻找无伤害的频段。 在此频率范围内共有50-80 kHz的频率将用于WPT。	1) 调幅广播 (525.6-1606.5 kHz) 2) 海上电台 (405-526.5 kHz) 3) 业余电台 (472-479 kHz)	1) 调幅广播: 共存条件和要求尚未获得批准, 仍在讨论中。分隔距离计算模型和方法也在讨论中。下一步, 应同意上面所示的必要条件, 并应考虑干扰缓解措施, 包括干扰模型的定义、来自WPT的辐射电场辐射强度、用于计算的墙壁衰减、来自WPT设备的累积干扰、干扰试验、背景噪音的影响等。期待进行现场试验。 2) 海上电台: 评估显示, 提议的目标辐射限值不符合目前假设的共存条件要求, 但满足源自实际商业模型的共存条件要求。因此, 我们得出这样的结论: 此处提议的WPT很有可能与海上无线电系统共存。不过, 值得注意的是: 所研频率范围中的以下频率用于保障船舶航行的安全。因此, 应指明不得使用这些相同的频率: (i) NAVTEX: 518 kHz (424 kHz、424 kHz); (ii) NAVDAT: 495-505 kHz。此外, 谐波不应落入国际通用的海上甚高频无线电频段中 (156-162 MHz)。 3) 业余电台: 这是一种带内情形 (共享同一频谱)。用于移动和便携设备的WPT (2) (电容耦合) 假设与工作于475 kHz频段的业余电台共享同一频段。对业余电台, 未发现有任何官方的、有关来自其它系统的干扰水平要求或规则。在WPT支持者与业余电台之间需做进一步的评估。正在讨论的一种可能的解决方案是将分配给业余电台的472-479 kHz排除在WPT工作频率范围之外, 并设置适当的偏移频段。
用于移动设备的WPT (1) (共振、低功率)	6 765-6 795 kHz	1) 移动/固定无线电系统 (6 765-6 795 kHz)	1) 在日本, 6 765-6 795 kHz不被指定为一个ISM频段。存在一个发射射频功率限值, 例如, 没有监管者的许可, 工作功率不得超过50 W。不过, 规则规定允许用在频段内的WPT应用中。现正在考虑一种新的、针对本频段中WPT产品的“类型批准”规则, 它可能允许与本频段中现有的系统和更高的发射功率共存。

8 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。

正在研究用于载客电动车和重型汽车的磁感应WPT技术，候选频率范围为19 - 21 kHz、42 - 48 kHz、52 - 58 kHz、59 - 61 kHz、79 - 90 kHz、140.91 - 148.5 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6765 - 6795 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。

9 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/>

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、仪器仪表和程序 — 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））</p> <p>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） —</p> <p>http://www.arpansa.gov.au/Publications/codes/rps3.cfm</p>

表 [3.10] (结束)

国家	射频照射	射频评估
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。</p> <p>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。</p> <p>如果不能保证安全，那么需要考虑采取额外的安全措施。</p> <p>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。</p> <p>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"> - 计划修订当前的EMF规则，以便2013年间为应用纳入WPT设备 	<ul style="list-style-type: none"> - 计划在2013年间引入为WPT而规定的评价方法

附件 2

利用6765 - 6795 kHz ISM频段对移动设备进行无线充电的实施案例

已开发和制定了基于磁共振原理、使用6765 – 6795 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。

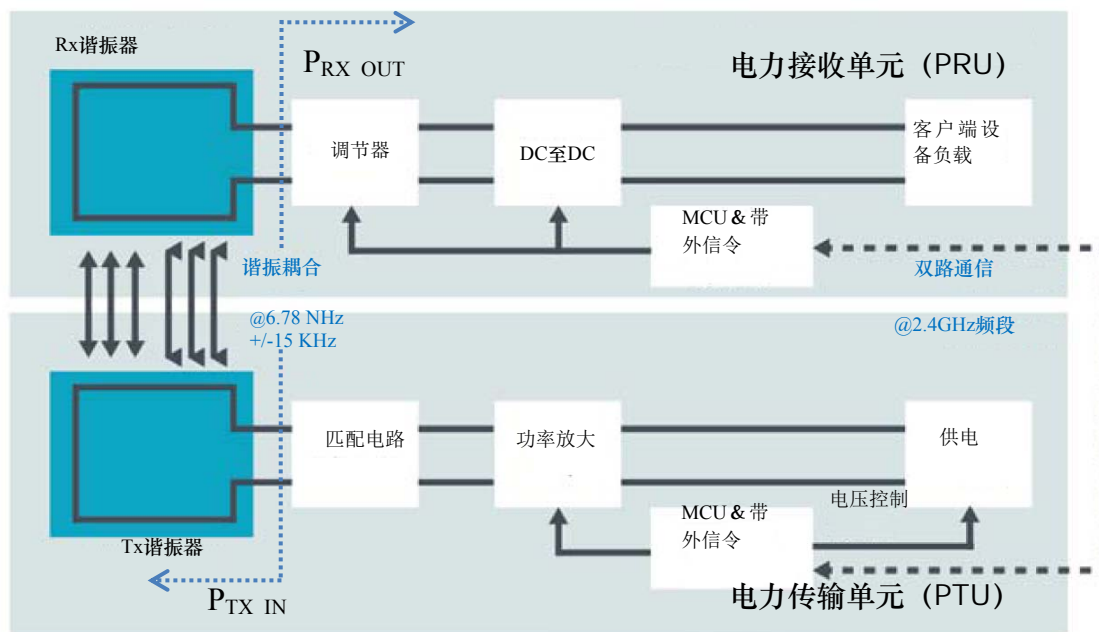
意欲集成该技术的电子产品应解决好几个方面的问题：

- 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位（PTU）与功率接收单位（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6780 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6780 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

1	引言.....	38
2	测量模型和测量方法.....	38
2.1	用于电动车充电的WPT系统的测量模型和测量方法.....	38
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.....	41
3	BWF设置的目标辐射限度.....	43
3.1	用于电动车充电的、WPT系统的目标辐射限度.....	43
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.....	44
3.3	利用磁感应技术的、用于家用电器的目标辐射限度.....	44

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	45
4	辐射噪声和传导噪声的测量结果	45
4.1	用于电动车充电的、WPT系统的测量结果	45
4.2	利用磁共振技术的、移动和便携设备的测量结果	51
4.3	利用磁感应技术的、家用电器的测量结果	54
4.4	利用电容耦合技术的、移动和便携设备的测量结果	57

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Doc 1A/152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。

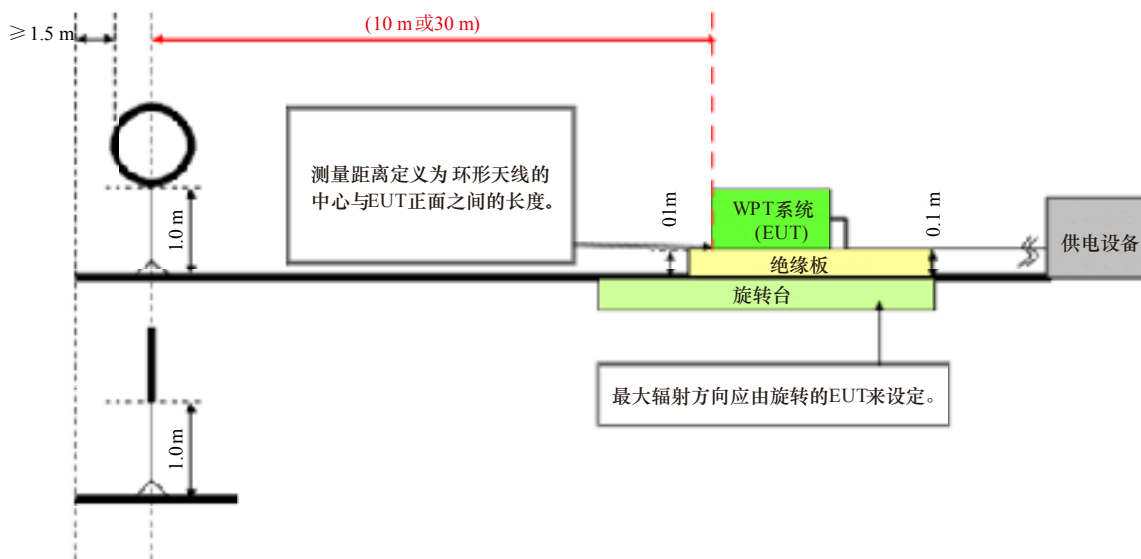
- (1) 辐射噪声的频率范围为9 kHz - 30 MHz。
利用环形天线来测量磁场强度。利用平面波的特征阻抗377 ohm，通过简单的转换来获得电场强度。
- (2) 辐射噪声的频率范围为30 MHz - 1 GHz。
利用双锥形天线或对数周期偶极子阵列来测量电场强度。在便携设备应用情况下，所测频率范围扩充至6 GHz。
- (3) 传导噪声的频率范围为9 kHz - 30 MHz。
测量自供电线辐射的传导噪声。在该测量中，EUT（接受测试的设备）应连接至AMN（人工电源网络）。

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

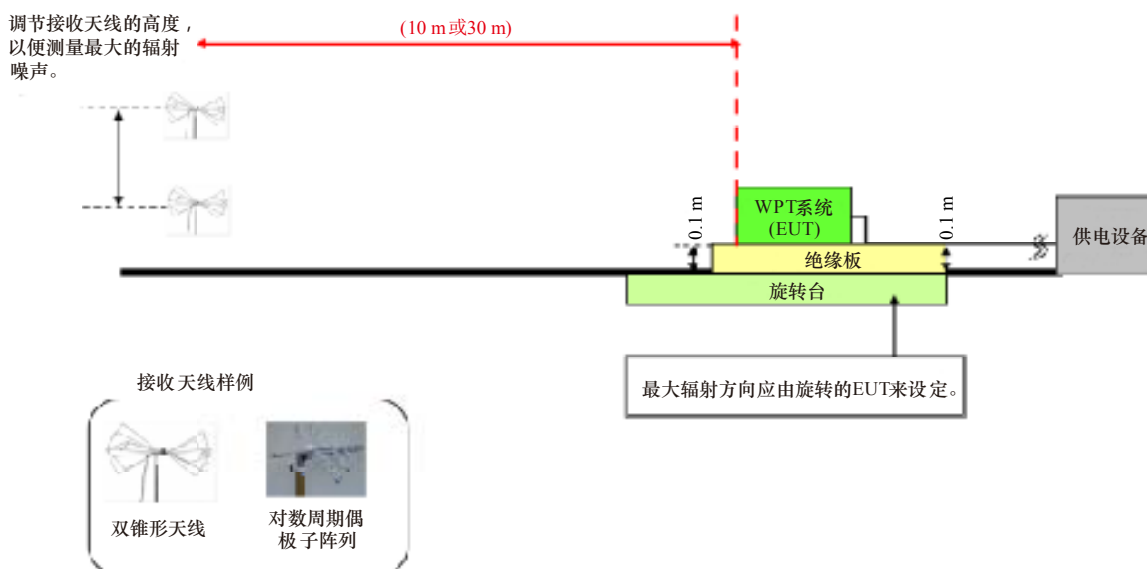
际标准。图A3-5描述EUT的顶视图及测量传导噪声的布局。在这些测量中，传输功率定义为在RF供电设备或初级线圈的输入端口处测得的功率水平。

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



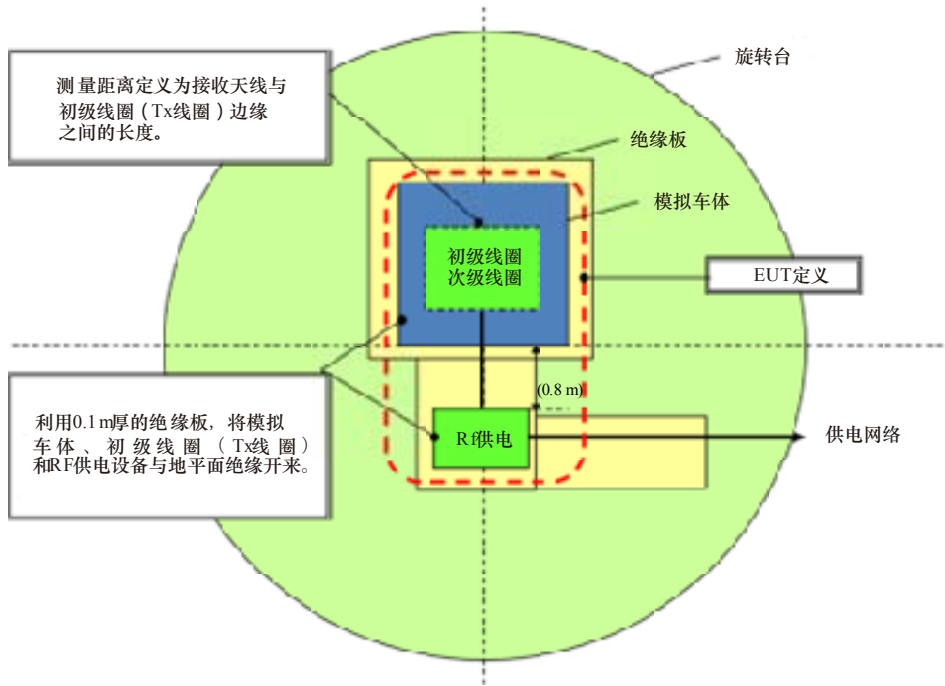
SM.2303报告-A2303-A3-01

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



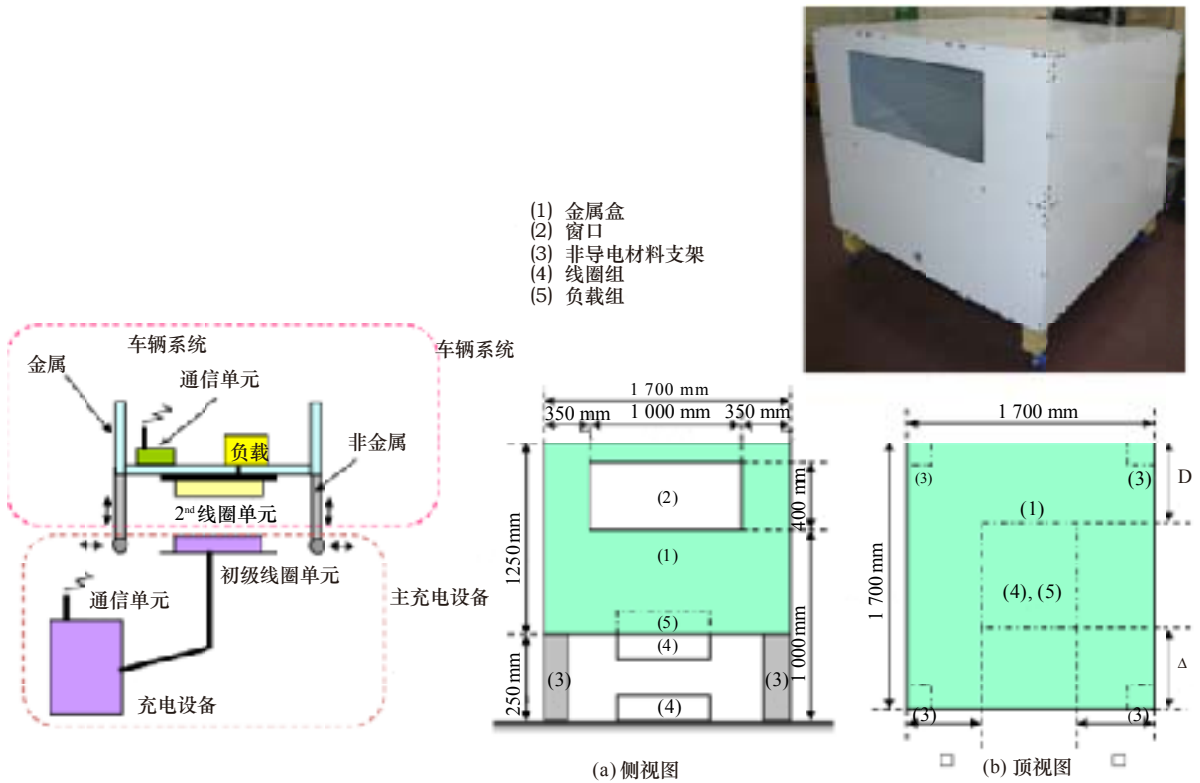
SM.2303报告-A2303-A3-02

图 A3-3
用于辐射噪声测量的EUT及其布局的顶视图



SM.2303报告-A2303-A3-03

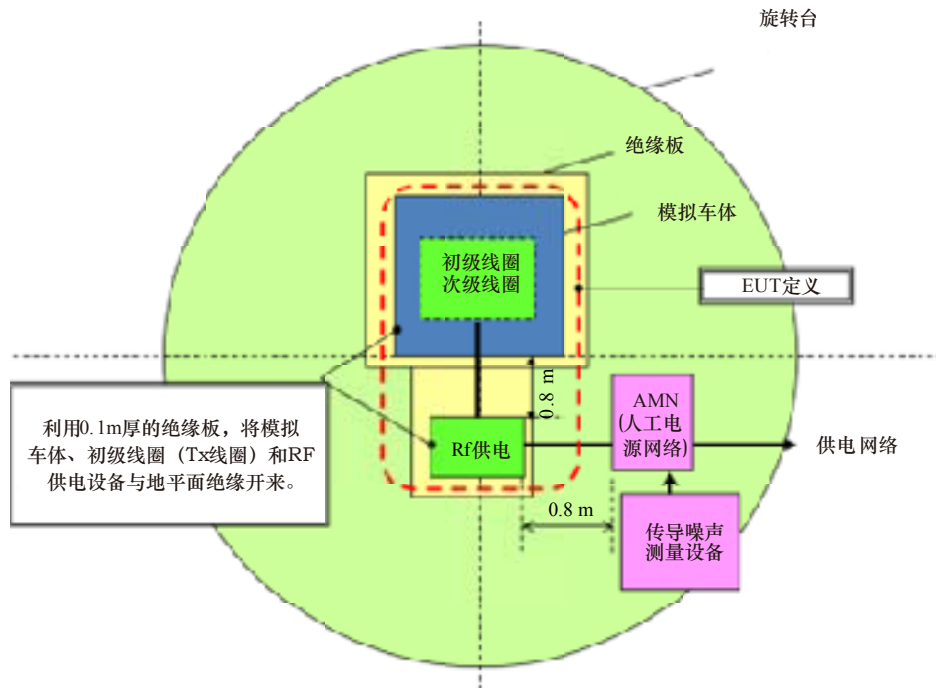
图 A3-4
模拟车体的配置



SM.2303报告-A2303-A3-04

图 A3-5

用于传导噪声测量的EUT及其布局的顶视图



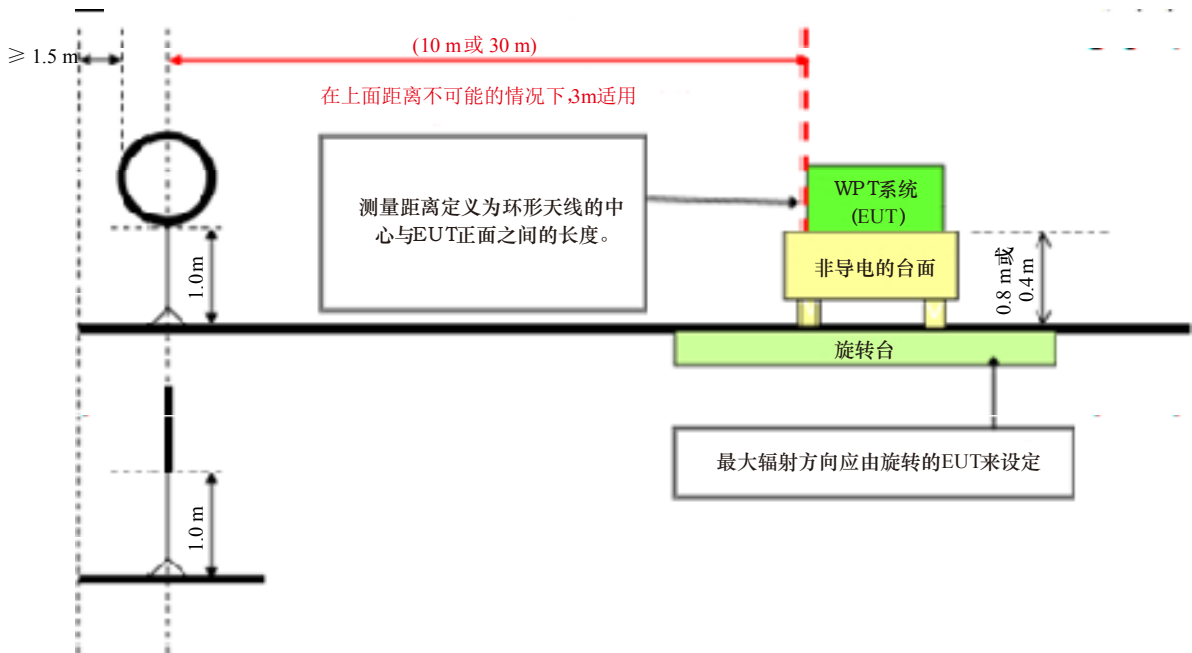
SM.2303报告-A2303-A3-05

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

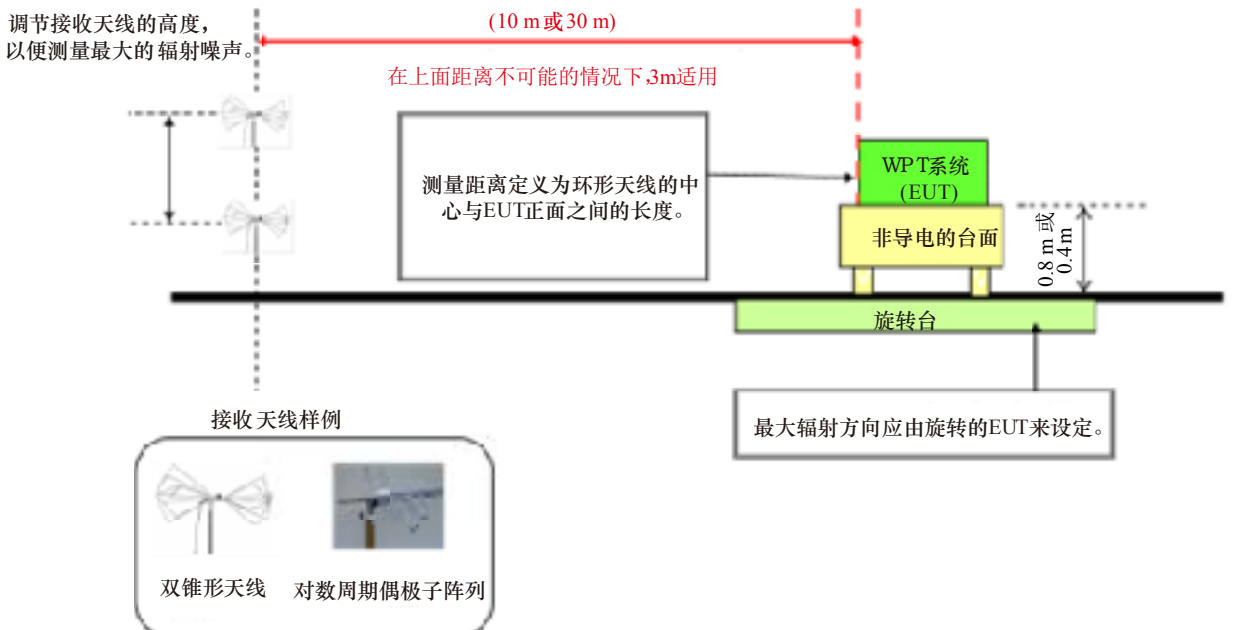
用于移动设备、便携设备和家用电器的WPT系统辐射噪声的测量方法，
频率范围为9 kHz - 30 MHz



SM.2303报告-A2303-A3-06

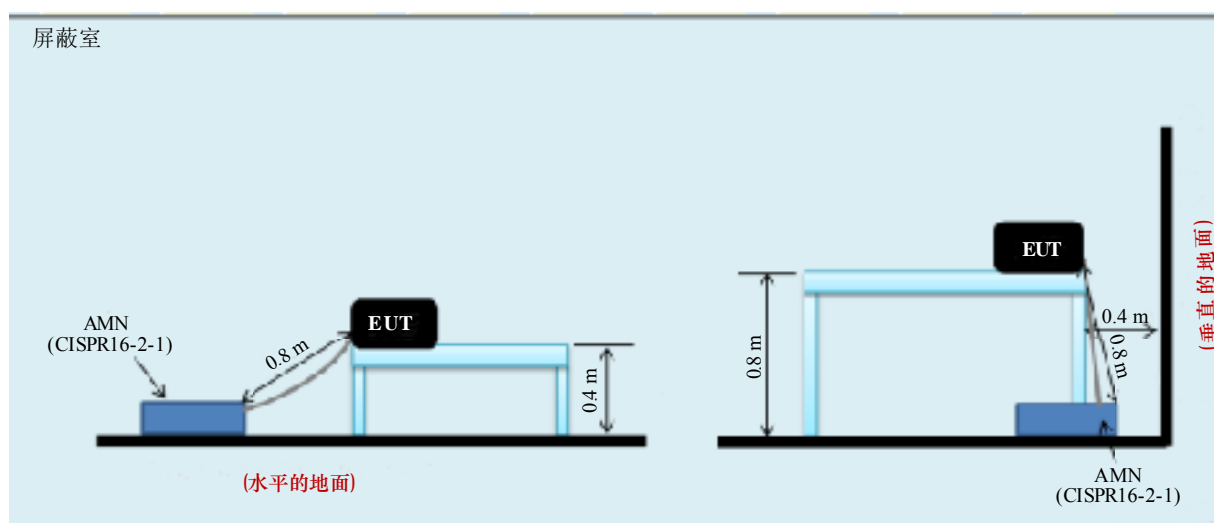
图 A3-7

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 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)

(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 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)

(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 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

7.7 kW – Tx功率 : 156 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (43.9 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

(b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz

: 0.0796 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-22.0 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

(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 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

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 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)

(b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz

: 30 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (29.5 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)

(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 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)

(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 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (48.5 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

(b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz

: 0.0796 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-22.0 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

(c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围

: 0.265 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-11.5 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

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 $\text{mV}/\text{m}@30\text{m}$ (60 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)

- (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
: 30 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (29.5 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
- (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
: 173 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (44.8 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
- (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)
: 2.66 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (8.5 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
: 0.0796 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-22.0 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
: 0.459 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-6.7 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

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 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (40 $\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
: 30 $\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$ (29.5 $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (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 $\text{dB } \mu\text{V}/\text{m}@30\text{m}$)
- (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)
: 0.265 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-11.5 $\text{dB } \mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (b) 频率范围: 526.5 - 1606.5 kHz
: 0.0796 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-22.0 $\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)
 - (c) 期望的、上述频率范围之上的频率范围
: 0.265 $\mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$ (-11.5 $\text{dB } \mu\text{A}/\text{m}@30\text{m}$)

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

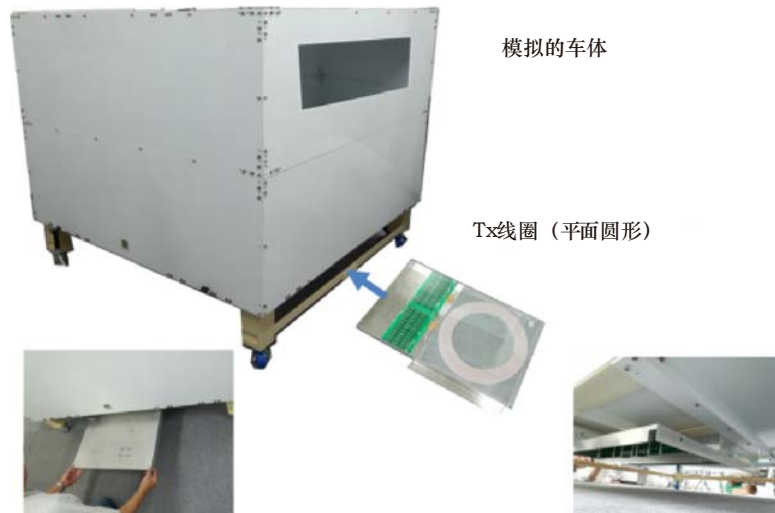
- (1) 测试设备概述

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



SM.2303报告-A2303-A3-09

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]

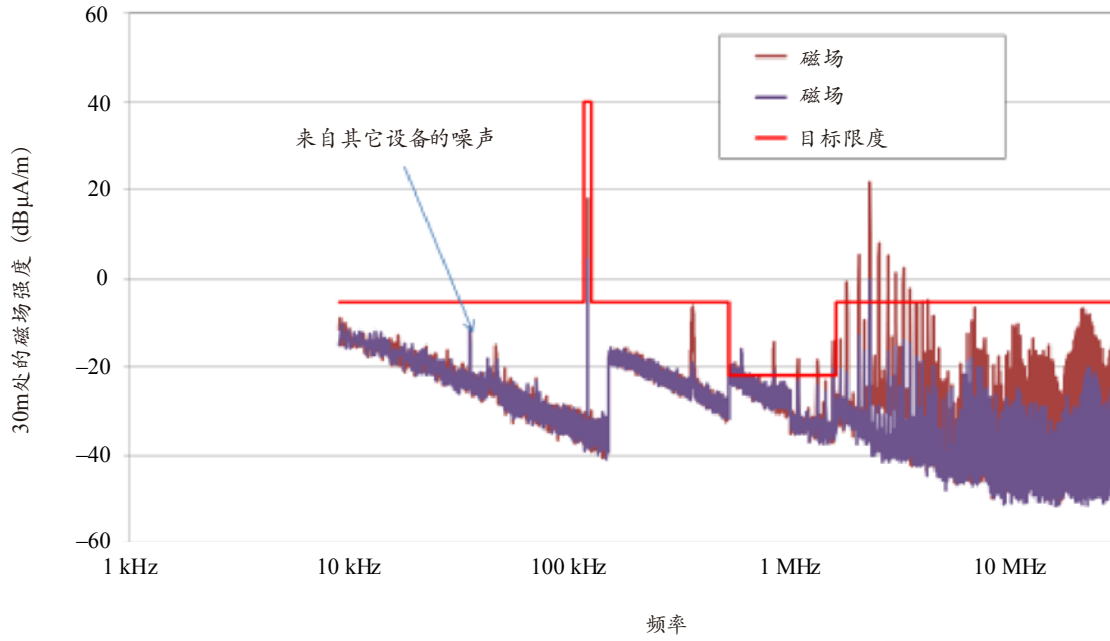
低于526.5 kHz的频率:	1/27
526.5 - 1606.5 kHz:	1/10
1606.5 kHz - 30 MHz:	1/6

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

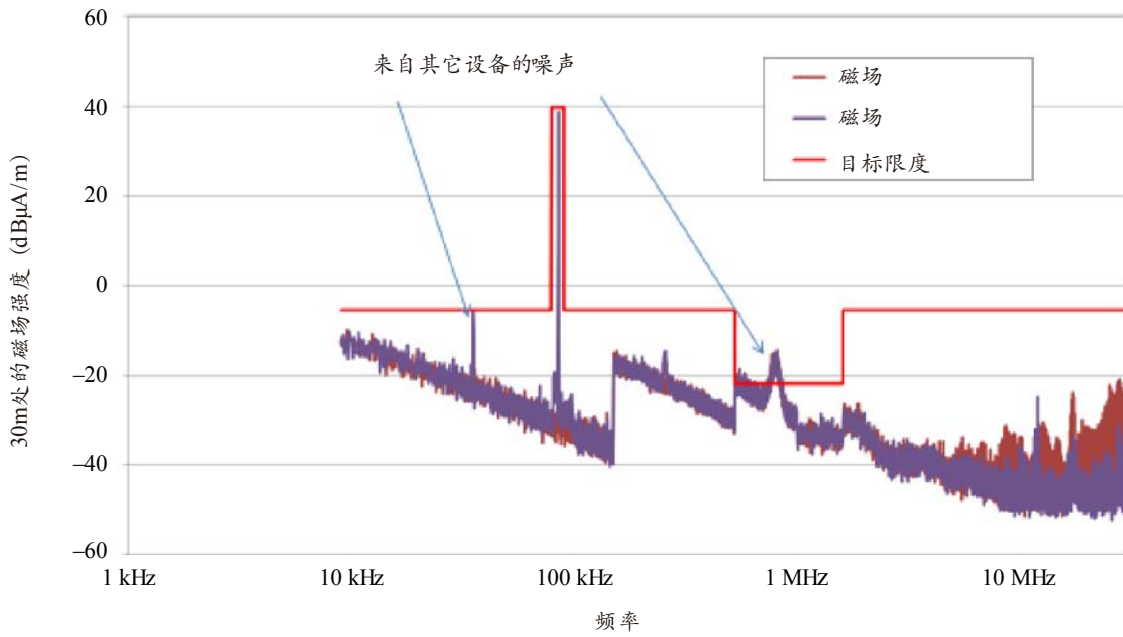
测试设备A的辐射噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-11

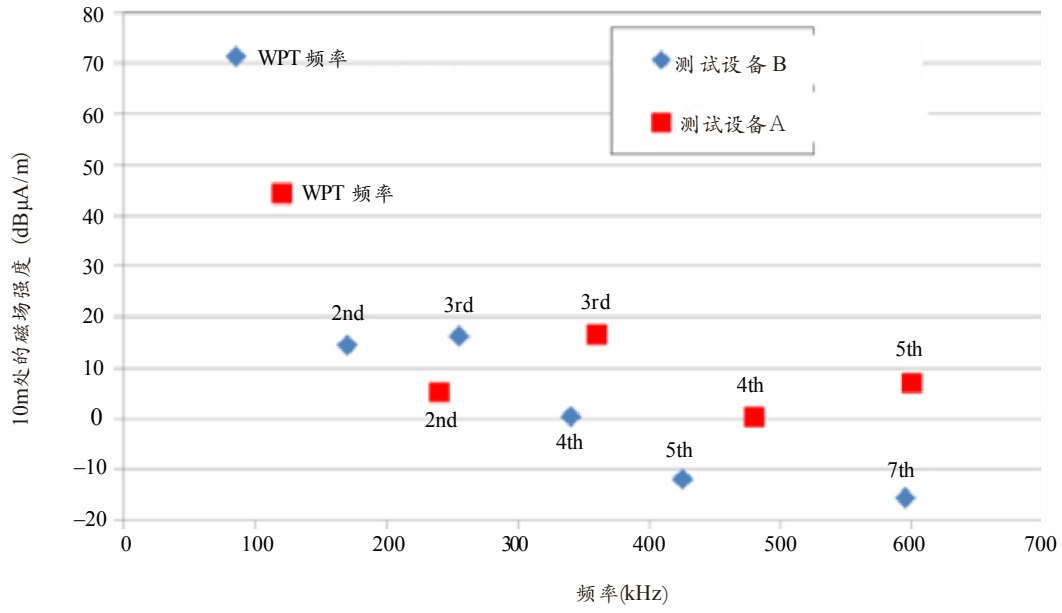
图 A3-12

测试设备B的辐射噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值)



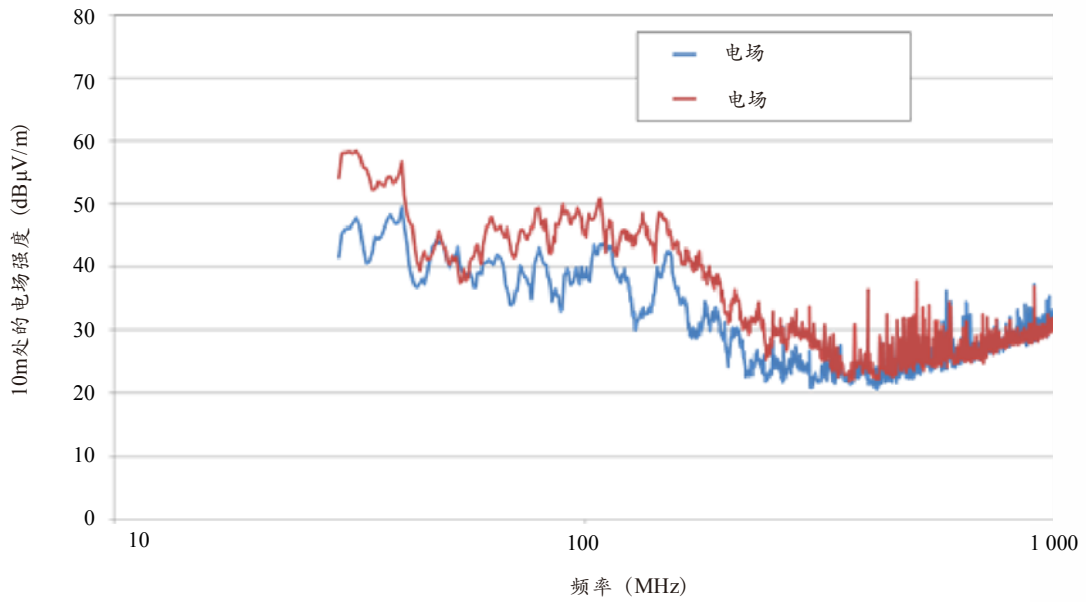
SM.2303报告-A2303-A3-12

图 A3-13
高次谐波的测量结果 (准峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-13

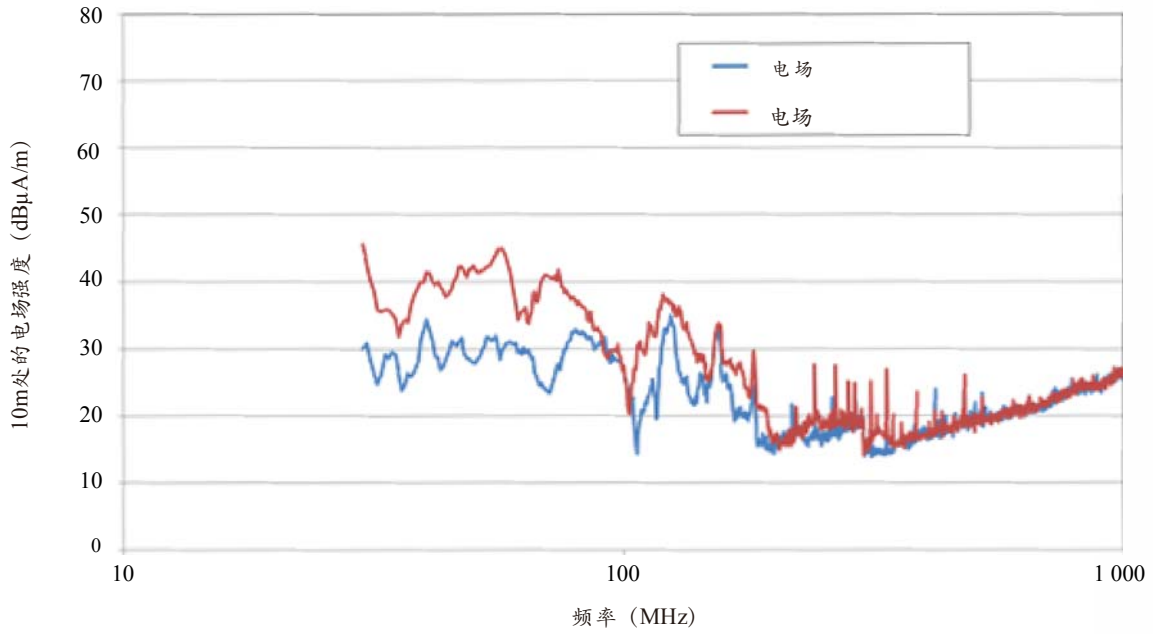
图 A3-14
测试设备A的辐射噪声 (30 MHz - 1 GHz, 峰值)



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)



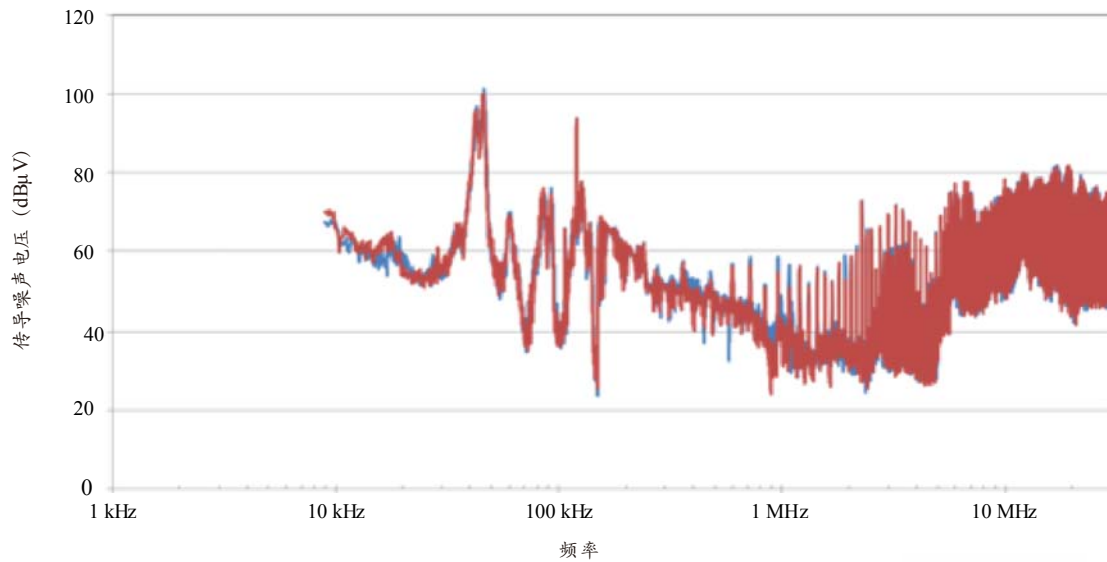
SM.2303报告-A2303-A3-15

(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

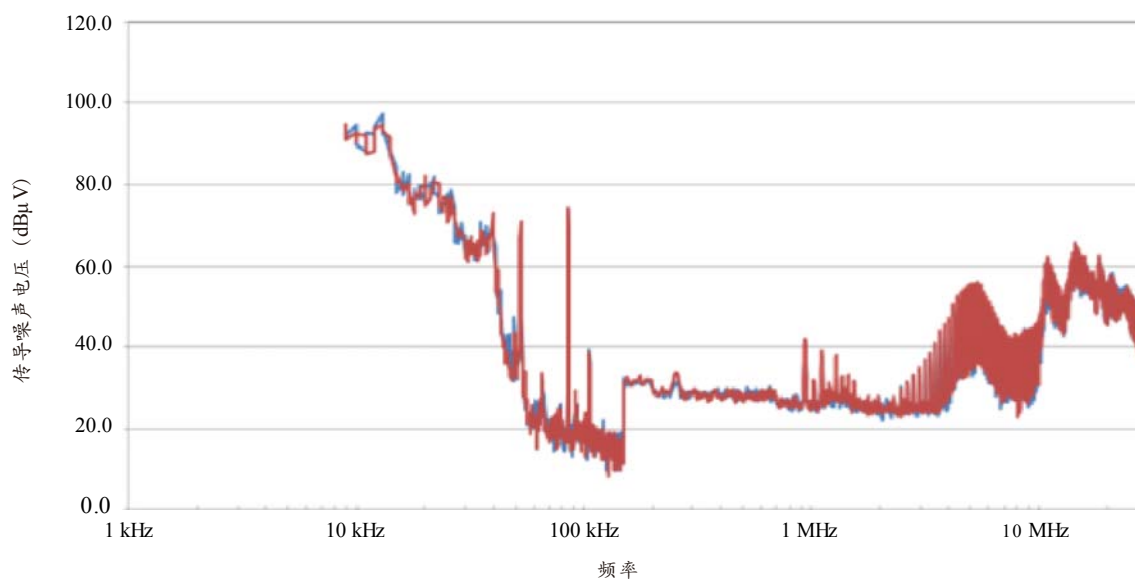
测试设备A的传导噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值)



SM.2303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



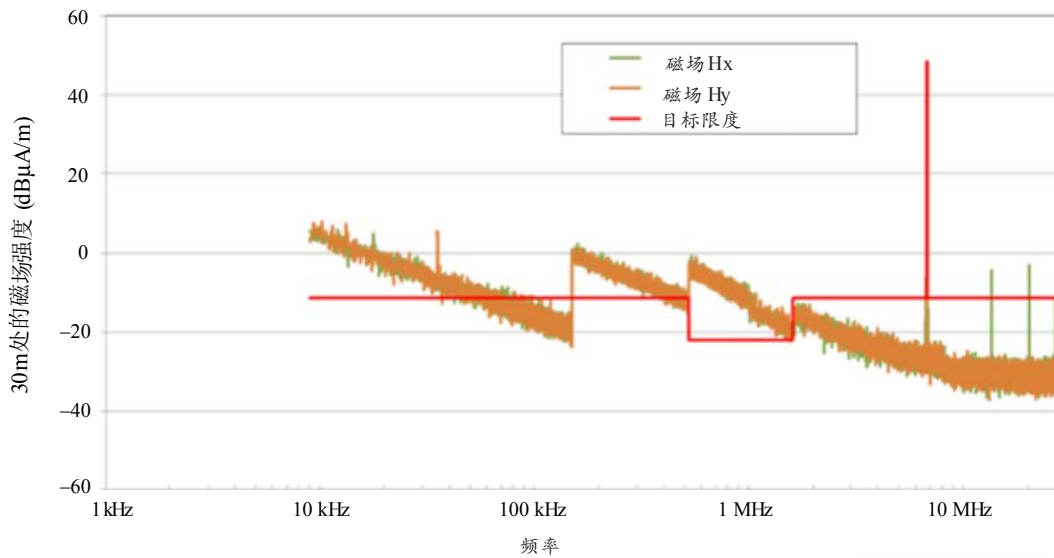
SM.2303报告-A2303-A3-18

(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

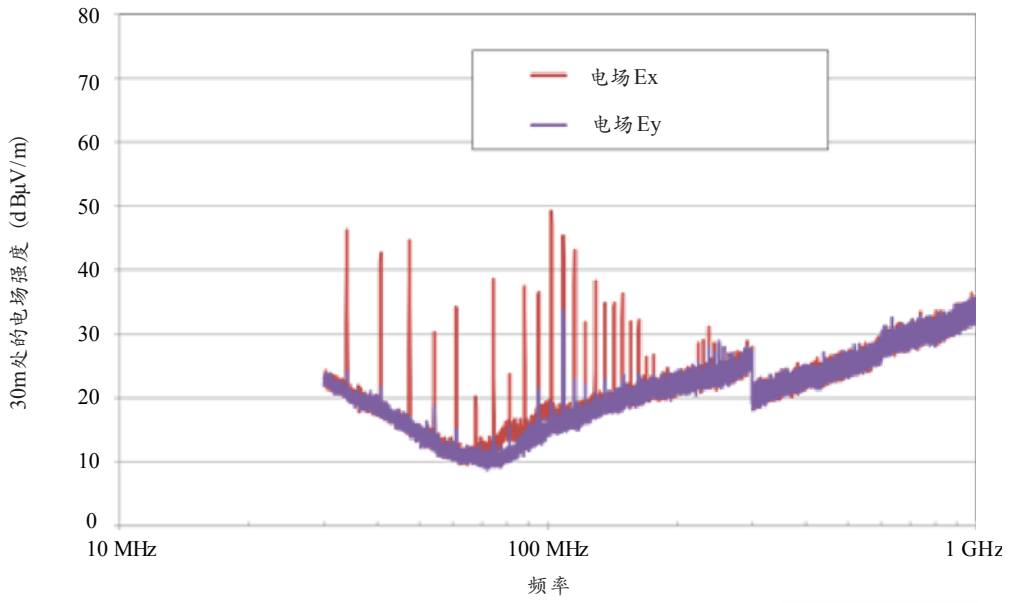
测试设备 B 的辐射噪声（9 kHz - 30 MHz，峰值）



SM.2303报告-A2303-A3-19

图 A3-20

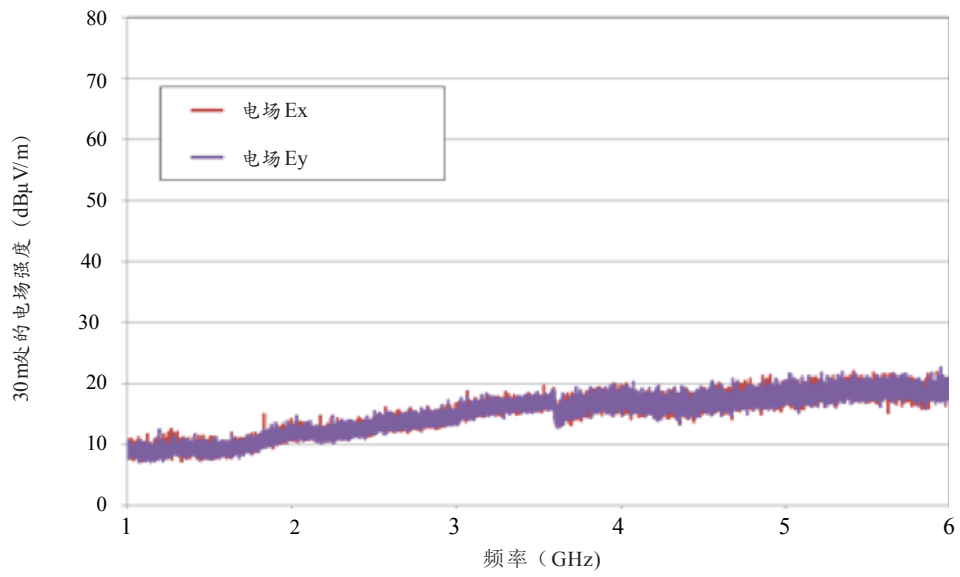
测试设备的辐射噪声 (30 MHz - 1 GHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-20

图 A3-21

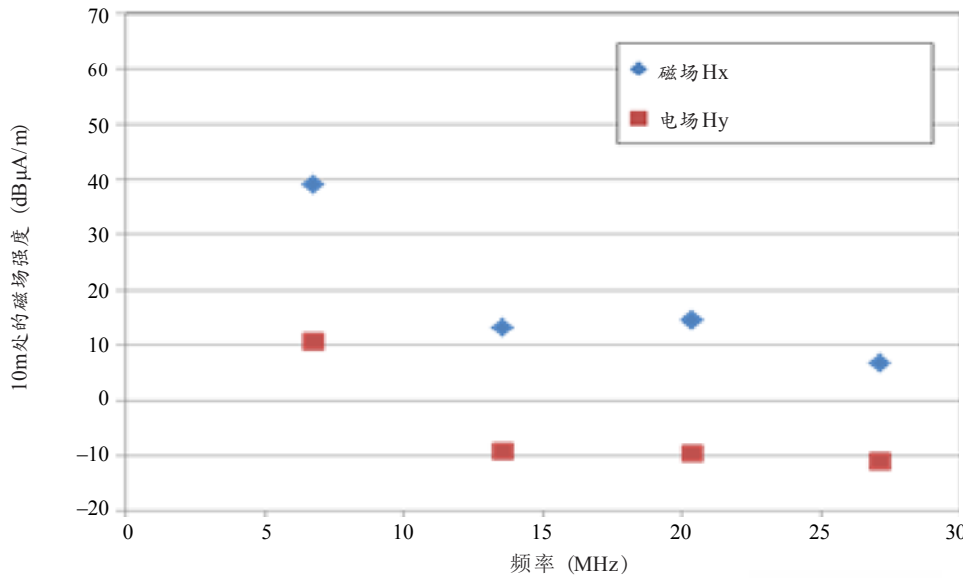
测试设备的辐射噪声 (1 GHz - 6 GHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-21

图 A3-22

高次谐波的测量结果（准峰值）



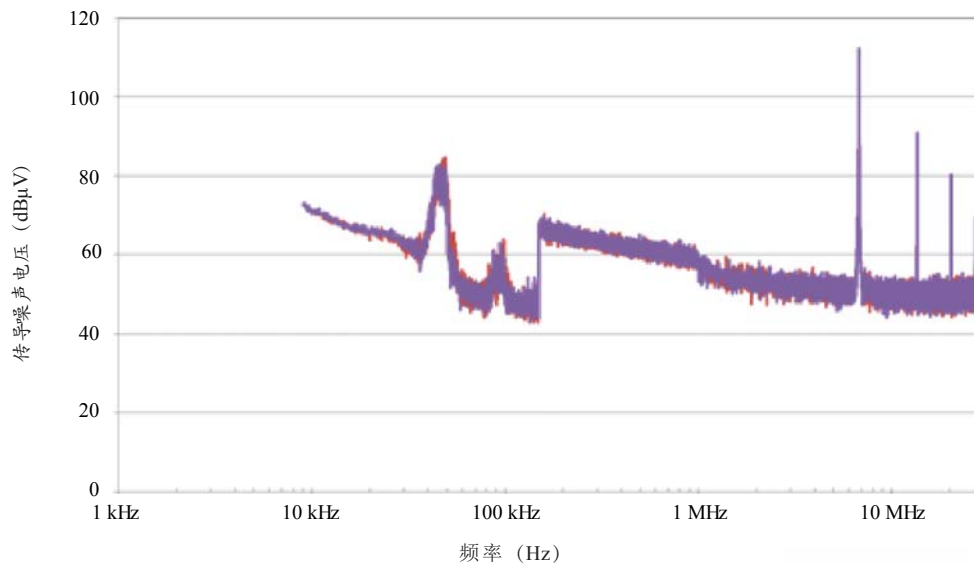
SM.2303报告-A2303-A3-22

(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

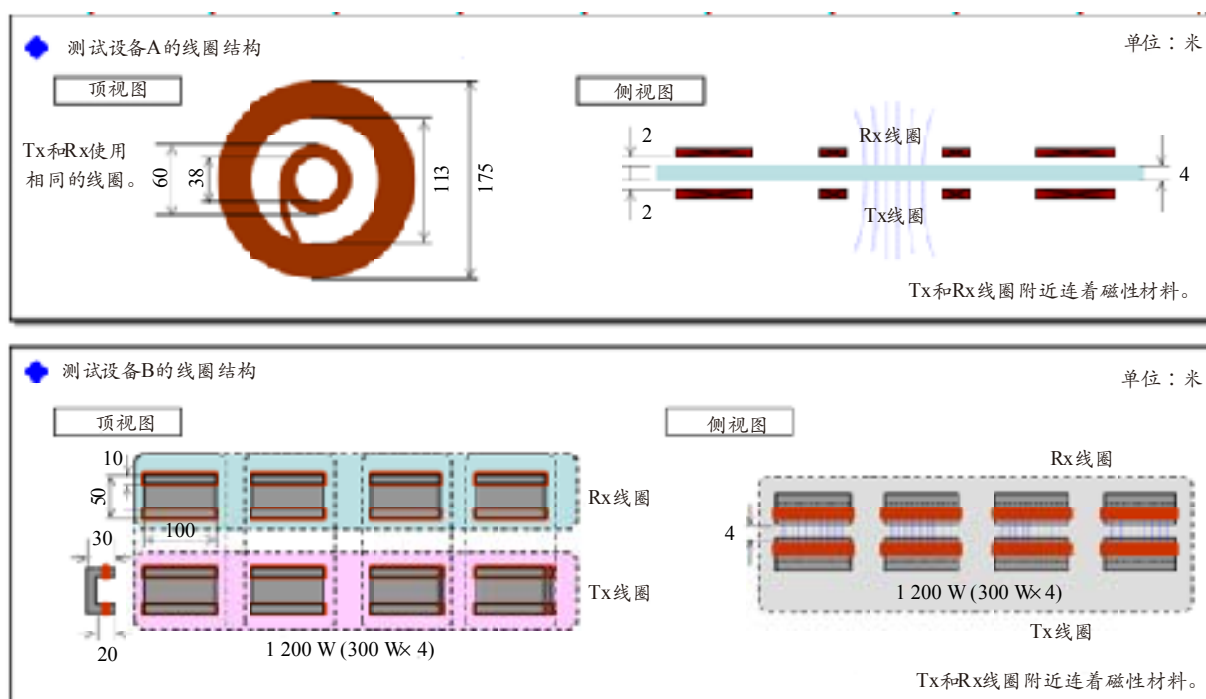
表A3-3概述了利用磁感应技术的、用于家用电器的测试设备。对该WPT系统有两种线圈结构，如图A3-25所示。WPT频率为23.4 kHz和94 kHz。测试设备A、测试设备B的传输功率

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



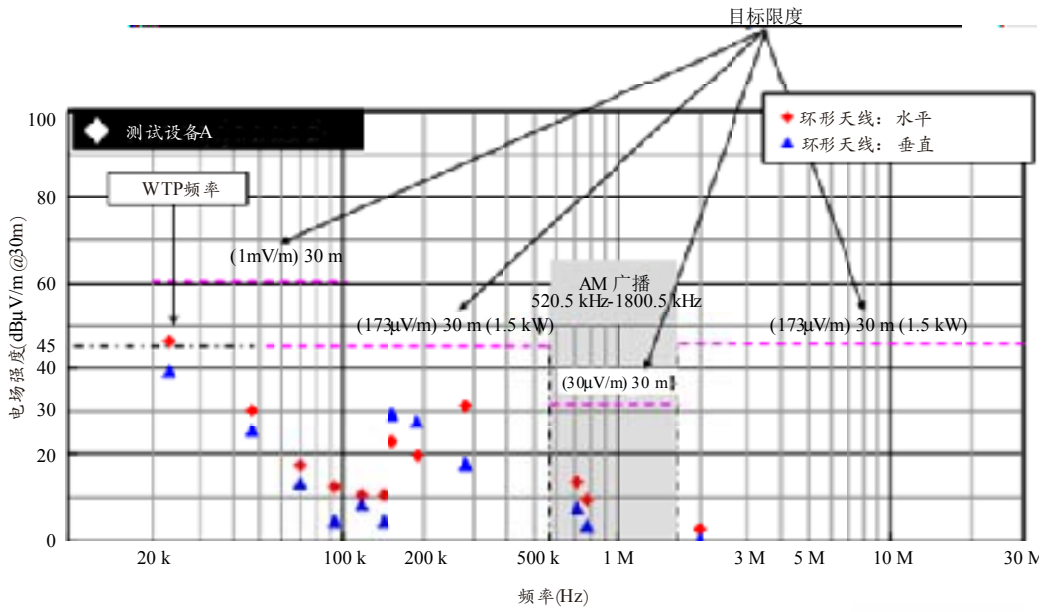
SM.2303报告-A2303-A3-24

(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

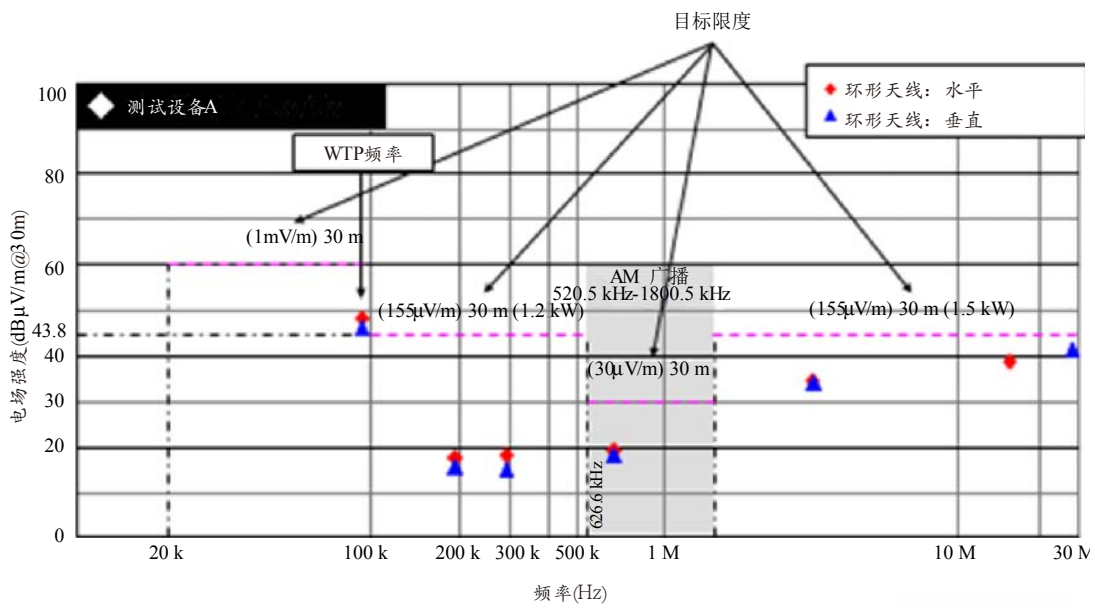
测试设备A的辐射噪声 (9 kHz – 30 MHz, 准峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-25

图 A3-26

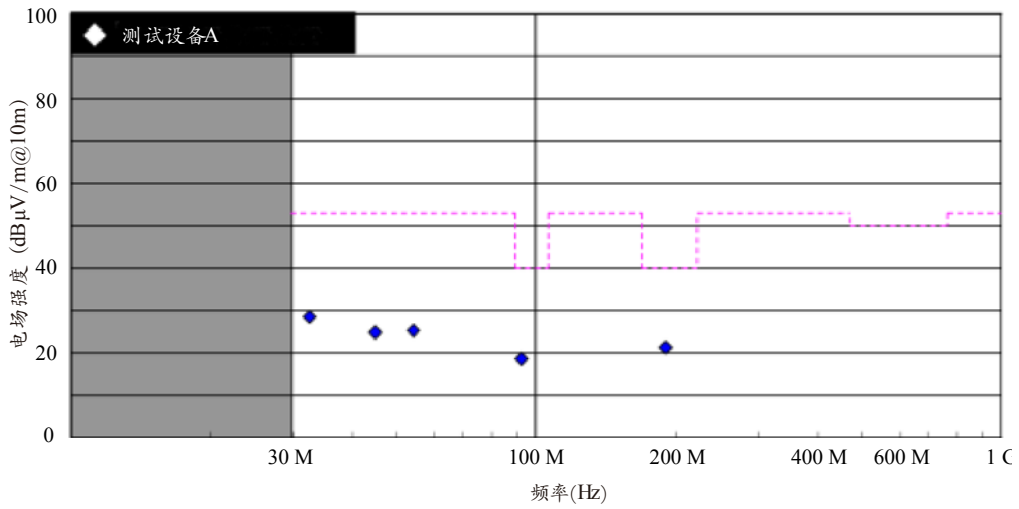
测试设备B的辐射噪声 (9 kHz – 30 MHz, 准峰值)



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)



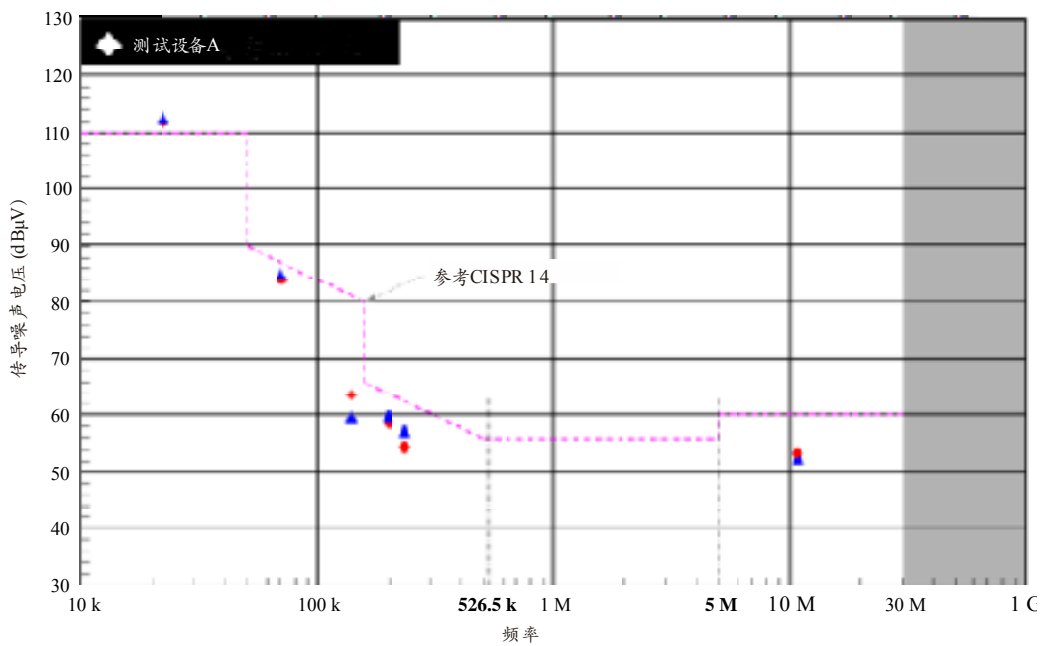
SM.2303报告-A2303-A3-27

(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

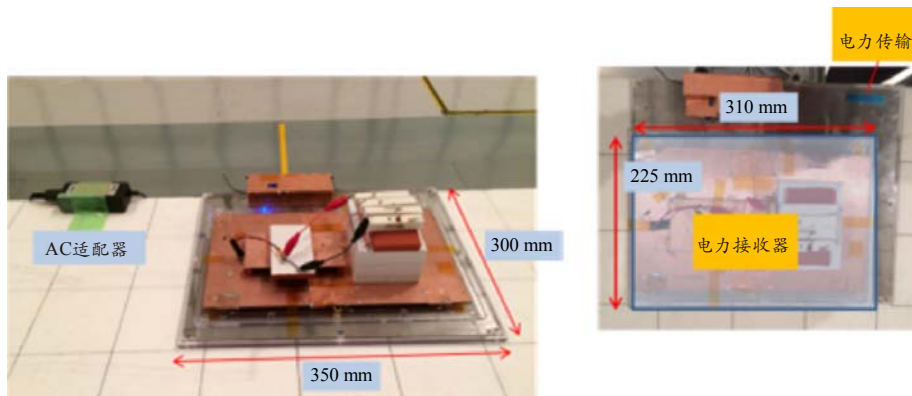
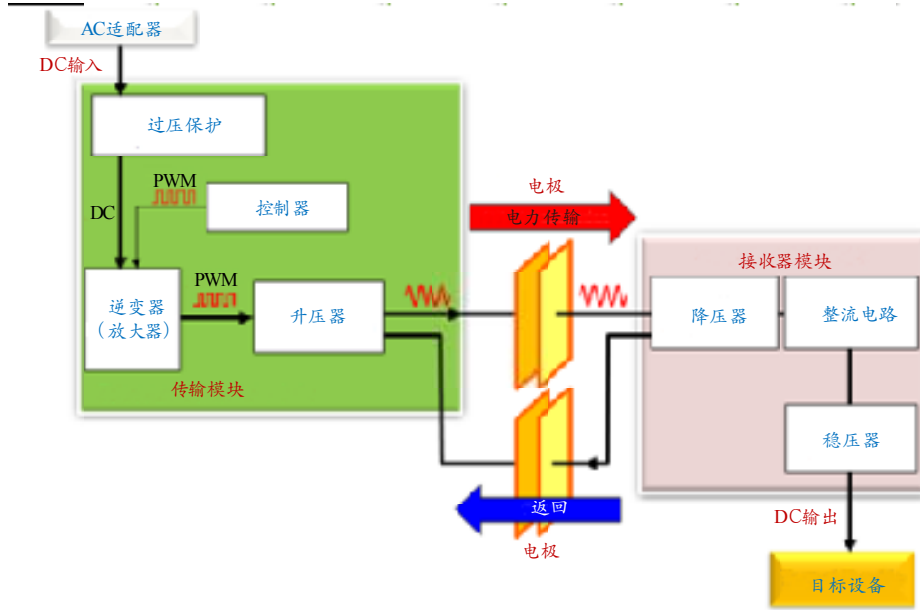


图 A3-30

利用电容耦合技术的、用于移动和便携设备的WPT系统框图



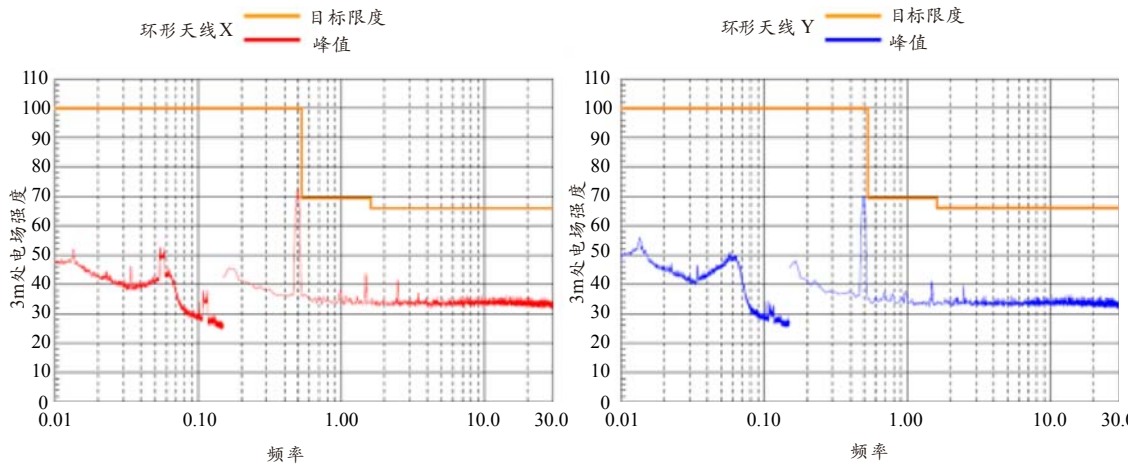
SM.2303报告-A2303-A3-30

(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

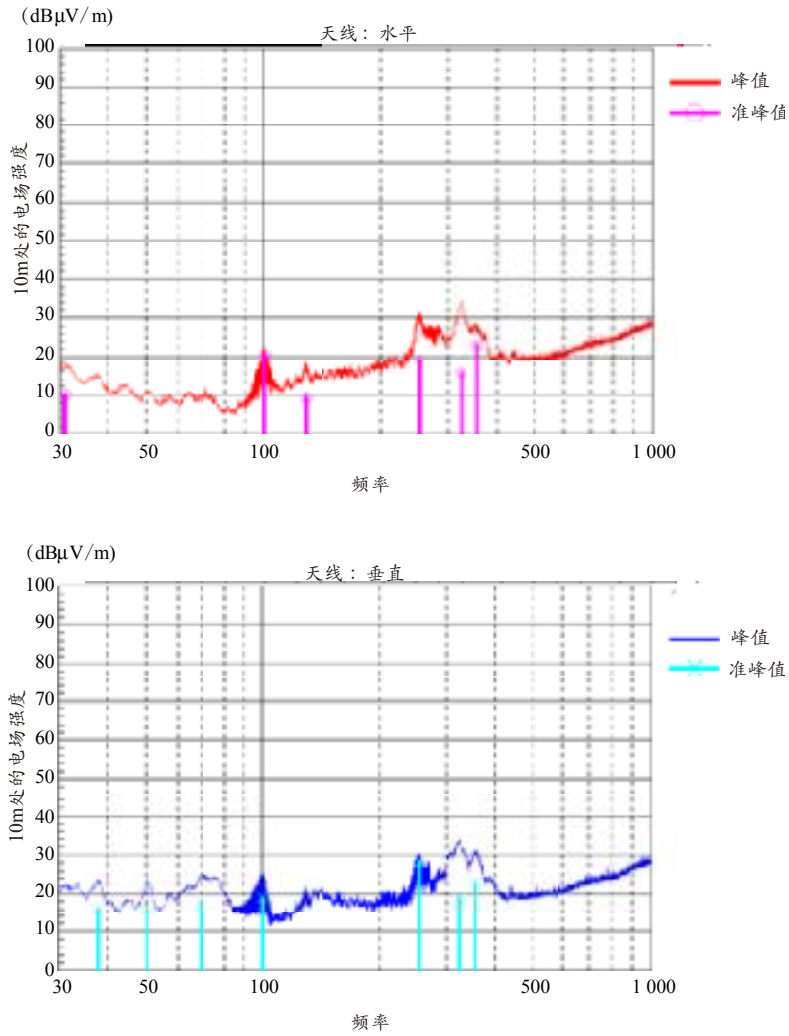
辐射噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-31

图 A3-32

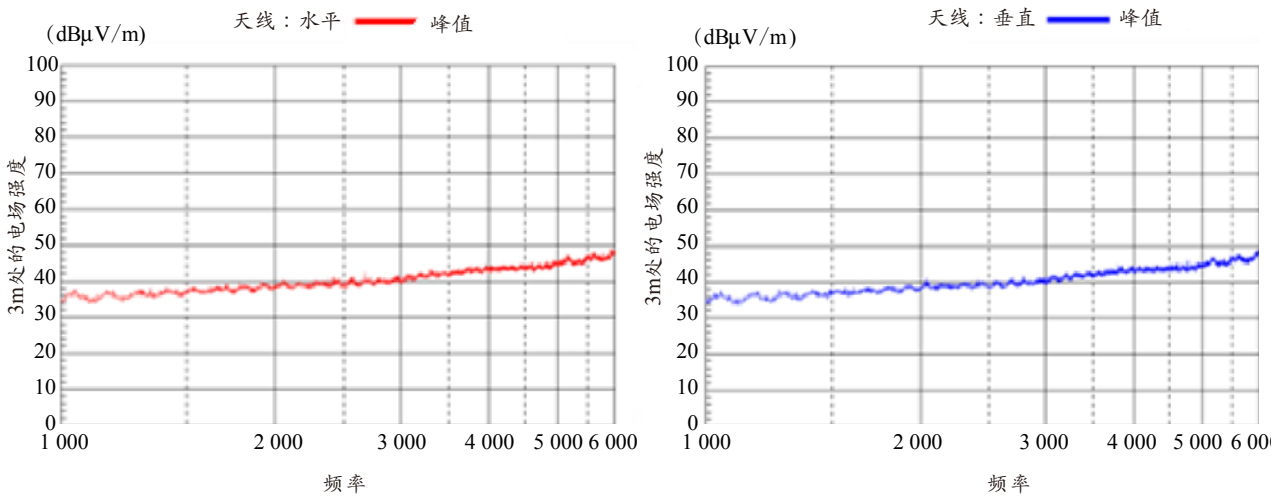
辐射噪声 (30 MHz - 1 GHz, 峰值和准峰值)



SM.2303报告-A2303-A3-32

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A3-35所示。

图 A3-34

测试设备的传导噪声 (9 kHz - 30 MHz, 峰值和准峰值)

