

团 体 标 准

T/CSAE XX - 2018

标准名称电动汽车无线充电系统 慢速充电技术规范

Electric vehicle wireless power transfer system

Low power charging requirements

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国汽车工程学会 发布

目 次

| | |
|---------------------------|-----|
| 前 言..... | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语、定义 | 2 |
| 3.1 术语和定义 | 2 |
| 3.2 缩略语 | 5 |
| 4 概述 | 5 |
| 5 电能传输要求 | 5 |
| 5.1 分类 | 5 |
| 5.2 互操作性 | 6 |
| 5.3 系统总体要求 | 8 |
| 5.4 通讯 | 14 |
| 5.5 环境要求 | 14 |
| 5.6 电击防护 | 15 |
| 5.7 电动汽车无线充电系统的特殊要求 | 16 |
| 5.8 电力电缆组件要求 | 21 |
| 5.9 结构要求 | 21 |
| 5.10 车辆碾压试验 | 22 |
| 5.11 服务和试验条件 | 22 |
| 5.12 电磁兼容性 | 30 |
| 5.13 标识和说明 | 34 |
| 6 接口要求 | 35 |
| 6.1 原边设备和副边设备接口要求 | 35 |
| 6.2 定位辅助设备接口要求 | 38 |
| 7 安全要求 | 38 |
| 7.1 通信安全 | 39 |
| 7.2 电气安全 | 45 |
| 7.3 安全试验要求 | 47 |
| 7.4 机械安全 | 48 |
| 7.5 雷击安全 | 51 |
| 7.6 电磁场辐射 | 52 |

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准的某些内容可能涉及专利，标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由XX提出。

本标准起草单位：中兴新能源汽车有限责任公司中兴通讯股份有限公司。

本标准主要起草人：胡超、操敏、罗勇。

本标准为首次制定。

电动汽车无线充电系统

慢速充电技术规范

1 范围

本标准规定了电动汽车无线充电系统的电能传输要求、接口要求、安全要求。

本标准适用于交流输入标称电压最大值为1000 V，直流标称电压最大值为1500 V的静态磁耦合电动汽车无线充电慢速充电设备。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

| | |
|----------------|---|
| GB/T 156 | 标准电压 |
| GB/T 2423.1 | 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温 |
| GB/T 2423.2 | 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温 |
| GB/T 2423.3 | 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验Cab：恒定湿热试验 |
| GB/T 2423.4 | 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环） |
| GB/T 2423.17 | 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾 |
| GB/T 2423.24 | 环境试验 第2部分：试验方法 试验Sa：模拟地面上的太阳辐射及其试验导则 |
| GB/T 4207 | 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法 |
| GB 4208-2008 | 外壳防护等级(IP代码) |
| GB 4824-2013 | 工业、科学和医疗(ISM)射频设备 骚扰特性 限值和测量方法 |
| GB 4943.1-2011 | 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求 |
| GB/T 5169.21 | 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验 |
| GB 7251.1-2013 | 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则 |
| GB 7251.5-2008 | 低压成套开关设备和控制设备 第5部分：对公用电网动力配电成套设备的特殊要求 |
| GB/T 7251.7 | 低压成套开关设备和控制设备 第7部分：特定应用的成套设备—如码头、露营地、市集广场、电动车辆充电站 |
| GB/T 7260.2 | 不间断电源设备(UPS) 第2部分：电磁兼容性(EMC)要求 |
| GB/T 9254 | 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法 |
| GB 10963.1 | 电气附件-家用及类似场所用过电流保护断路器 第1部分：用于交流的断路器 |
| GB/T 11021 | 电气绝缘 耐热性和表示方法 |
| GB 17625.1 | 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流≤16A) |
| GB/Z 17625.5 | 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值(设备每相输入电流≤16A) |
| GB/T 20234.1 | 电动汽车传导充电用连接装置 第1部分 通用要求 |
| GB/T 12113 | 接触电流和保护导体电流的测量方法 |

- GB 14048.3 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关以及熔断器组合电器
- GB 14048.4 低压开关设备和控制设备 第4-1部分：接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器（含电动机保护器）
- GB 16895.2 建筑物电气装置 第4-42部分：安全防护-热效应保护
- GB 16895.3 建筑物电气装置 第5-54部分：电气设备的选择和安装 接地配置、保护导体和保护联结导体
- GB 16895.5 低压电气装置 第4-43部分：安全防护 过电流保护
- GB/T 16895.10 低压电气装置 第4-44部分：安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护
- GB 16895.21 低压电气装置 第4-41部分：安全防护 电击防护
- GB 16916.1 家用和类似用途的不带过电流保护的剩余电流动作断路器(RCCB) 第1部分：一般规则
- GB 16917.1 家用和类似用途的带过电流保护的剩余电流动作断路器(RCBO) 第1部分：一般规则
- GB/T 16935.1 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验
- GB/T 17626.2-2006 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5-2008 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌(冲击)抗扰度试验
- GB/T 17626.6-2008 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.11-2008 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验
- GB/T 17627.1 低压电气设备的高电压试验技术 第1部分：定义和试验要求
- GB/T 20138 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级(IK代码)
- GB 22794 家用和类似用途的不带和带过电流保护的B型剩余电流动作断路器(B型RCCB和B型RCBO)
- GB/T 30789.3 色漆和清漆 涂层老化的评价 缺陷的数量和大小以及外观均匀变化程度的标识 第3部分：生锈等级的评定
- GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- ICNIRP 2010 限制时变电场和磁场暴露的导则(1Hz—100kHz) (For limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz—100kHz))

3 术语、定义

3.1 术语和定义

3.1.1

原边设备 primary device

能量的发射端，产生交变磁场与副边设备耦合的设备，包括封装和保护材料。

3.1.2

副边设备 secondary device

能量的接收端，安装在电动汽车上与原边设备发生耦合的设备，包括封装和保护材料。

3.1.3

无线电能传输 Wireless Power Transfer (WPT)

调整具有标准电压和频率的交流电源的电流，将电能以交变磁场的方式从原边设备传输至副边设备。

3.1.4

电动汽车无线充电 Electric Vehicle Wireless Power Transfer (WPT)

将交流或直流电网（电源）通过无线电能传输技术，调整为校准的电压/电流，为电动汽车动力电池提供电能，也额外的为车载设备供电。

3.1.5

非车载功率器件 off-board power components

非车载功率器件包括将所需高频电流加载至原边设备两端的高频功率变换单元，包括封装和保护材料。

3.1.6

车载功率器件 on-board power components

将副边设备接收的电能通过功率变换器转变为直流电，供给可存储电能系统或车载动力电池，包括封装和保护材料。

3.1.7

地面设备 off-board supply equipment

电动汽车无线充电系统的地面侧设备的统称，包括原边设备及非车载功率器件。

3.1.8

车载设备 on-board supply circuit

电动汽车无线充电系统的车载侧设备的统称，包括副边设备及车载功率器件。

3.1.9

无线充电位 wireless charging spot

为一辆电动汽车提供无线充电服务的地面设施统称，包括停车位、地面设备和其它辅助设施（如容纳原边设备的设备井，地面限位装置，定位辅助设备等等）。

3.1.10

充电站 charging station

专为电动汽车充电服务而建设的、能够同时为三台以上电动汽车提供充电服务并监控充电过程的场所。

3.1.11

功率传输控制器 Power Transfer Controller (PTC)

无线充电系统地面侧功率控制单元，实现直流到高频交流的逆变，输出满足无线充电系统工作频率的交流电驱动原边设备工作，并根据CSU的控制指令，完成无线充电过程的控制。

3.1.12

功率接收控制器 Power Pick-up Controller (PPC)

无线充电系统车辆侧功率控制单元，对副边输出的高频交流进行整流，输出满足电动汽车车载电池要求的直流电，并根据BMS的控制指令，完成无线充电过程的控制。

3.1.13

地面通信控制单元 Communication Service Unit (CSU)

无线充电系统地面侧通信控制器，与IVU通信，协助完成充电过程的控制。并与WCCMS通信，完成无线充电系统地面设备的控制管理功能。

3.1.14

车载通信控制单元 In-Vehicle Unit (IVU)

无线充电系统车辆侧通信控制器，与CSU通信，协助完成充电过程的控制。并与WCCMS通信，完成无线充电系统车载设备的控制管理功能。

3.1.15

无线充电控制管理系统 Wireless Charging Control and Management System (WCCMS)

负责无线充电系统的充电控制、运维监控管理、业务运营管理和系统管理等功能。

3.1.16

充电柜 charging cabinet

无线充电系统地面设施的物理实体，包含PFC、PTC、CSU等功能模块。

3.1.17

冷源柜 cooling cabinet

大功率无线充电系统地面设施的物理实体，用于充电过程中对原边设备进行液体循环冷却。

3.1.18

机械气隙 mechanical air gap

原边设备表面与副边设备表面最短的间距。

3.1.19

工作气隙 operational air gap

在双面磁场系统中，原边设备磁场表面与副边磁场表面之间的最短间距。

3.1.20

最优工作位置 optimum operating position

当系统效率最优时的原副边设备的相对位置。

3.1.21

待机状态 standby mode

电动汽车无线充电系统准备进行电能传输的状态。

3.1.22

激活状态 active mode

电动汽车无线充电系统在给电动汽车充电的状态。

3.1.23

参考点 reference point

为描述原边设备和副边设备的位置而引入三维坐标系，该坐标系的原点为参考点，参考图4和图5。

3.1.24

零点 zero point

安装原边设备的基准点，参考图5。

3.1.25

异物 foreign objects

位于原边设备和副边设备之间的任何物体。其既不是电动汽车的一部分，也不是无线充电系统的一部分。

3.1.26

臂展范围 arm's reach

从地面到人指尖的垂直距离，或是任意方向下此距离的三分之一，参考图10。

3.1.27

慢速充电 low power charging

无线充电系统输入功率不超过表1中MF-WPT3规定的最大输入功率等级。

3.2 缩略语

| | | |
|-------|--|-----------------|
| CSU | Communication Service Unit | 地面通信控制单元 |
| IVU | In-Vehicle Unit | 车载通信控制单元 |
| PFC | Power Factor Correction | 功率因数校正 |
| PPC | Power Pick-up Controller | 功率接收控制器 |
| PTC | Power Transfer Controller | 功率传输控制器 |
| RCBO | Residual current Circuit Breaker with Overcurrent protection | 带过流保护的剩余电流动作保护器 |
| RCD | Residual Current Device | 剩余电流动作保护器 |
| VIN | Vehicle Identification Number | 车辆识别码 |
| WCCMS | Wireless Charging Control and Management System | 无线充电控制管理系统 |
| WPT | Wireless Power Transfer | 无线电能传输 |

4 概述

非车载供电设备的电压等级应符合GB/T 156规定的标准标称电压。其中，交流电频率50Hz，对于特殊用途的交流电可以使用其他频率。

车载设备需要与地面设备具有良好的耦合性，从而确保电动汽车无线充电系统的安全运行。这项基本原则的实现依赖于满足该标准中的相关要求并通过相关试验进行验证。

电动汽车无线充电系统的地面设备，其设计和结构需要保证在正常使用时性能稳定，并能最大程度地减小对电动汽车无线充电系统使用者以及周边环境带来的危害。

电动汽车无线充电车载设备生产商需要按照GB 7251.1规定的接口特性进行说明。

5 电能传输要求

5.1 分类

5.1.1 磁极结构

MF-WPT系统根据磁极结构分为如图1所示的类型。

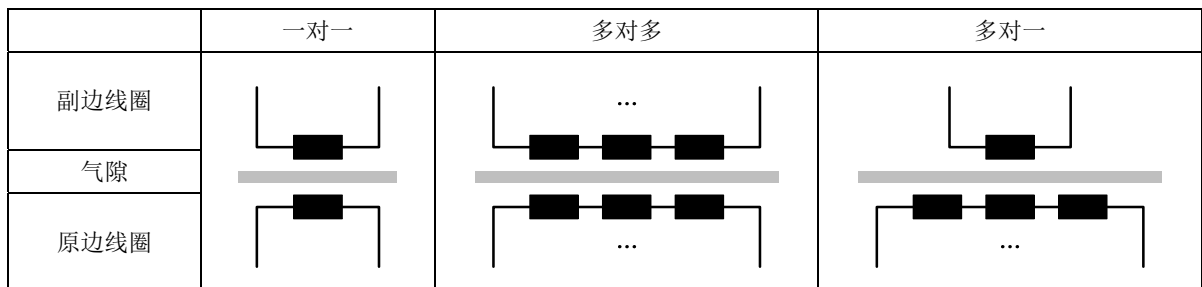


图1磁极结构

5.1.2 谐振电路拓扑

MF-WPT谐振电路图例如图2所示，原边、副边均可采用这些谐振拓扑。

| | | | | | | |
|------|----|----|----|----|-----|-----|
| 谐振拓扑 | 串联 | 并联 | 并联 | 串联 | 串并联 | 串并联 |
| 副边绕组 | | | | | | |
| 气隙 | | | | | | |
| 原边绕组 | | | | | | |
| | 串联 | 并联 | 串联 | 并联 | 串并联 | 并联 |

图2 谐振电路拓扑结构

5.1.3 功率等级

根据MF-WPT系统的输入功率等级，MF-WPT系统按如表1进行分类。电网输入的功率不应该超过对应功率等级的功率限制。

表1 MF-WPT输入功率等级

| 等级 | MF-WPT1 | MF-WPT2 | MF-WPT3 | MF-WPT4 | MF-WPT5 | MF-WPT6 | MF-WPT7 |
|-------|--------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|----------|
| 功率/kW | $P \leq 3.5$ | $3.5 < P \leq 7$ | $7 < P \leq 11$ | $11 < P \leq 22$ | $22 < P \leq 33$ | $30 < P \leq 66$ | $P > 66$ |

MF-WPT输入功率等级细分如下：

- MF-WPT1：系统的额定输入功率小于 3.5kW；
- MF-WPT2：系统的额定输入功率介于 3.5kW 至 7kW 之间；
- MF-WPT3：系统的额定输入功率介于 7kW 至 11kW 之间；
- MF-WPT4：系统的额定输入功率介于 11kW 至 22kW 之间；
- MF-WPT5：系统的额定输入功率介于 22kW 至 33kW 之间；
- MF-WPT6：系统的额定输入功率介于 30kW 至 66kW 之间；
- MF-WPT7：系统的额定输入功率大于 66kW。

无线充电慢充系统功率等级应为 MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3。

5.1.4 环境状况

感应式电动汽车无线充电系统的地面设备，根据用途和环境状况可分为：

- 室内使用；
- 室外使用。

5.2 互操作性

5.2.1 概述

互操作性描述了地面设施和电动汽车之间，允许通过磁场进行安全且高效的无线电能传输。仅当地面设备与电动汽车之间建立了正常的互操作性时，无线充电系统地面设备才能向电动汽车进行无线电能传输。

地面设备和电动汽车满足以下条件时，为可互操作的：

- 功率等级符合表 2 的要求；
- 相同的工作频率；
- 磁耦合方式相匹配；

- d) 电路拓扑结构相兼容；
- e) 调谐；
- f) 合理的系统效率；
- g) 并且符合，
 - EMC要求；
 - 防护要求；
 - 输电过程使用兼容的通信方式。

5.2.2 功率等级

相同功率等级和不同功率等级之间的互操作性要求，如表2所示。

表2 功率等级的互操作性

| | 原边设备 | | | | | | | |
|------|-------------------------------|----------|----------|------|------|------|------|------|
| | MF-WPT | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 副边设备 | 1 | 必需支持 | 建议支持（注2） | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） |
| | 2 | 建议支持（注2） | 必需支持 | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） |
| | 3 | （注1） | （注1） | 必需支持 | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） |
| | 4 | （注1） | （注1） | （注1） | 必需支持 | （注1） | （注1） | （注1） |
| | 5 | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | 必需支持 | （注1） | （注1） |
| | 6 | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | 必需支持 | （注1） |
| | 7 | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | （注1） | 必需支持 |
| | 注1：待定，待后续版本修订。 注2：建议设备商支持。 | | | | | | | |

5.2.3 标称频率

可互操作的地面设备和电动汽车应使用相同的标称频率。

5.2.4 谐振电路

原边设备的谐振电路拓扑应与副边设备相匹配。

5.2.5 调谐（可选）

若有必要，工作频率应调谐。调谐的实质是防止系统出现超调。
原副边错位，气隙波动以及元件特性的散射可通过频率调整进行校正。

5.2.6 系统效率

互操作性需要系统效率满足：在标称工作点上，系统效率应不低于88%。在垂直方向和水平方向所有允许偏移条件下，系统效率应不低于85%。

5.3 系统总体要求

5.3.1 概述

磁场电能传输是将电能以交变磁场为媒介，从供电端传输到受电端的一种能量传输方式。图3给出了无线电能传输系统的示意图。

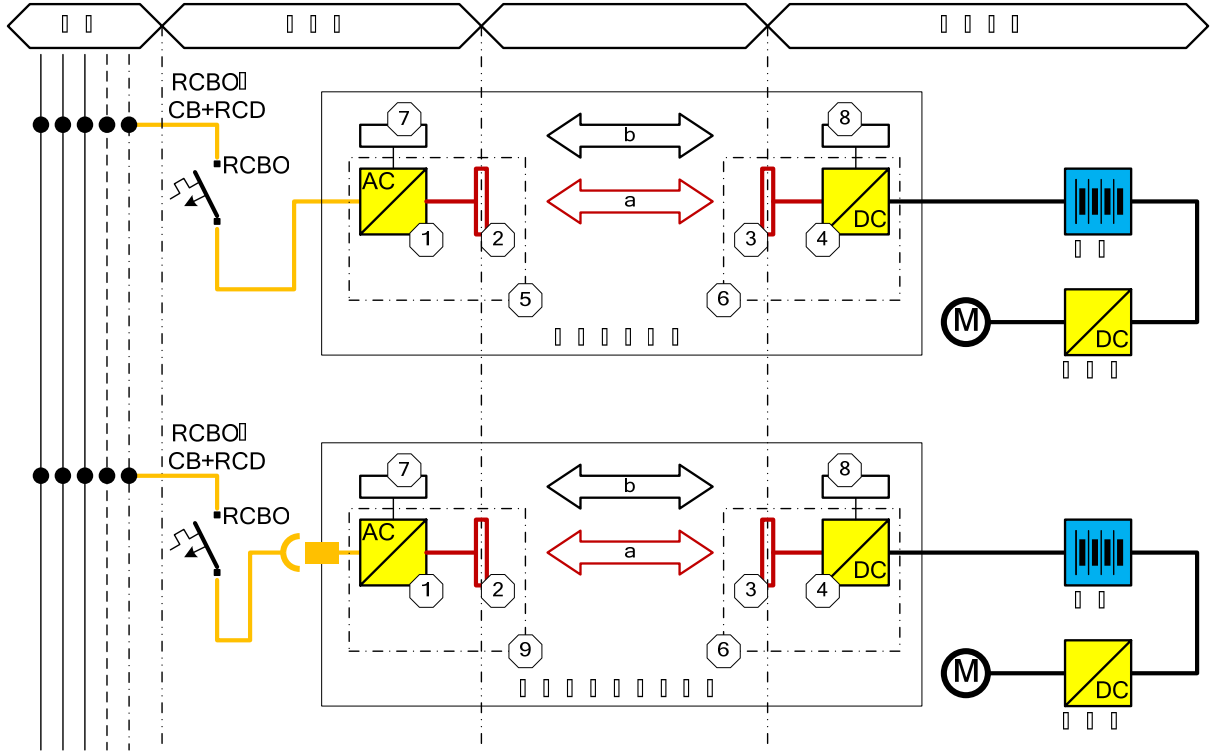


图3 电动汽车无线充电系统（固定安装设备和便携式设备）

图3中各个序号代表的含义见表3。

表3 电动汽车无线充电系统各部分名称

| 序号 | 名称 |
|----|-------------------------------|
| 1 | 非车载功率器件 |
| 2 | 原边设备 |
| 3 | 副边设备 |
| 4 | 车载功率器件 |
| 5 | 地面设备 |
| 6 | 车载设备 |
| 7 | 地面通信控制单元（CSU） |
| 8 | 车载通信控制单元（IVU） |
| 9 | 地面设备（便携式） |
| a | 无线电能传输 |
| b | 通讯，符合第 错误!未找到引用源。 章的要求 |

5.3.2 系统效率

系统效率是指电能传输从交流电源输入到电动汽车电池的效率。

5.3.3 测量原则

5.3.3.1 坐标系

描述原副边设备的三维坐标系如图4所示，X轴为车头方向，Y轴向左，Z轴向上。

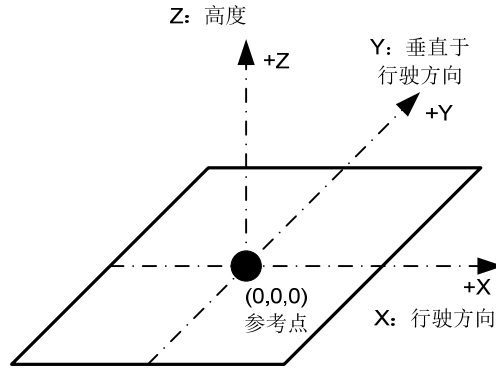


图4 坐标系方向定义

5.3.3.2 停车方位

定义标称位置是为了统一测量方法、测量结果可对比以及兼容性测试。测量时考虑停车空间和车行方向。原边设备安装位置如图5所示，参数说明见表4。

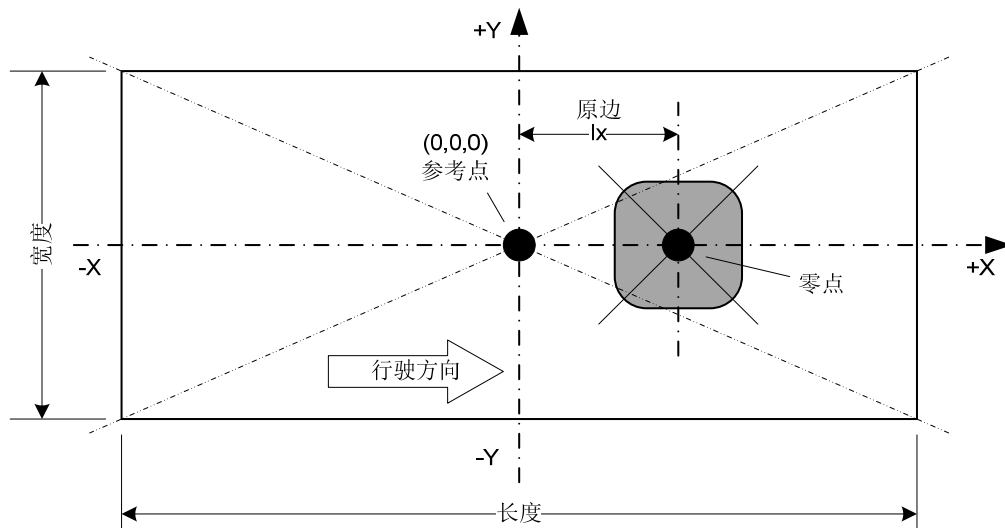


图5 原边设备位置

表4 原边设备位置

| 方向 | mm | 坐标轴 |
|----------|-----------|-----|
| 在行驶方向 | $\pm xxx$ | X |
| 在行驶方向的横向 | $\pm yyy$ | Y |
| 在高度方向 | $\pm zzz$ | Z |

电动汽车可能停放位置的例子如下：

- a) 停车位平行于行车方向；
- b) 前向停车，垂直于行驶方向；
- c) 后向停车，垂直于行驶方向；
- d) 与行驶方向构成对角。

5.3.3.3 偏移量

X、Y方向上的偏移量是指副边中心点与零点之间的偏差，如图6所示，其参数说明见表5。

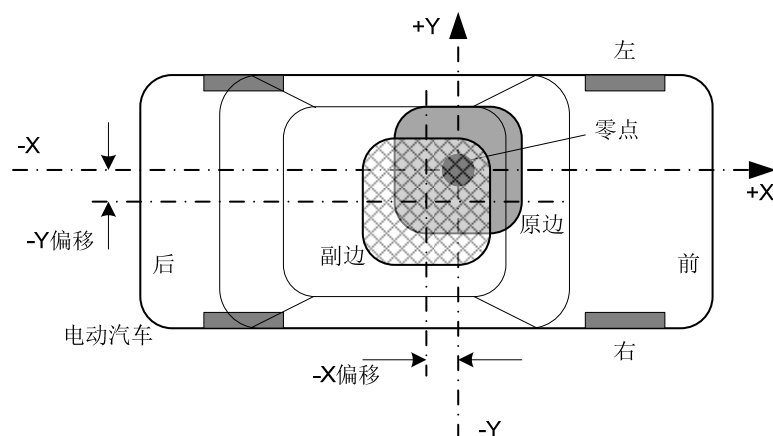


图6 X方向和Y方向的最大偏移

表5 偏移

| 方向 | 偏移距离/mm | 坐标轴 |
|----------|-----------|-----|
| 在行驶方向 | $\pm xxx$ | X |
| 在行驶方向的横向 | $\pm yyy$ | Y |

5.3.3.4 原边设备尺寸测量

原边设备的尺寸测量定义如表6。

表6 原边设备

| 方向 | mm | 坐标轴 |
|----------|-----|-----|
| 在行驶方向 | xxx | X |
| 在行驶方向的横向 | yyy | Y |
| 高度方向 | zzz | Z |

5.3.3.5 原副边设备间距（机械气隙）

对于电动汽车无线充电系统的设计和电气测量，原、副边设备间距十分重要，如表7。

表7 机械气隙

| 方向 | mm | 坐标轴 |
|----|----|-----|
|----|----|-----|

| | | |
|------|-----|---|
| 高度方向 | zzz | Z |
|------|-----|---|

5.3.4 原边设备的安装

5.3.4.1 安装方式

原边设备的安装方式有：

- a) 地埋安装；
- b) 地上安装；
- c) 其它安装方式，如车顶处、车侧处等。

5.3.4.2 地埋安装

地埋安装如图7所示，原边设备完全埋藏于地下与地表同高，原边设备的表面存在于Z轴零坐标处。

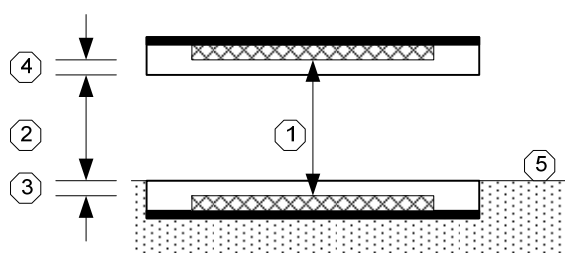


图7 地埋安装

图7中各数字表示的含义在表8中给出。

表8 地埋安装各部分名称

| 序号 | 名称 |
|----|------------------|
| 1 | 工作气隙 |
| 2 | 机械气隙 |
| 3 | 原边设备封装和保护高度（含盖板） |
| 4 | 副边设备封装和保护高度 |
| 5 | 路面 |

注：原边设备和副边设备之间的距离大于等于副边设备到地面的间隙。

5.3.4.3 地上安装

地上安装如图8所示，原边设备以突出地面一定高度的方式安装。在路面之上的安装高度由相应的供应商的安装指南给定。

注：最大安装高度也应符合国家规范，如道路建设条例。

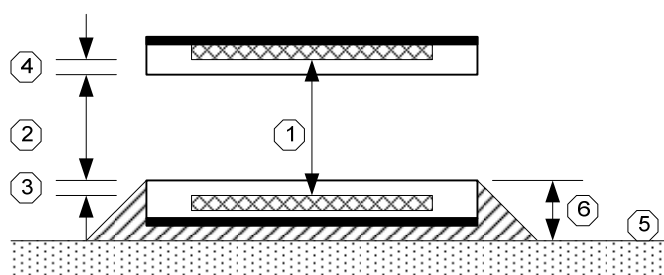


图8 地上安装

图8中各数字表示的含义在表9中给出。

表9 地上安装各部分名称

| 序号 | 名称 |
|----|--------|
| 1 | 工作气隙 |
| 2 | 机械气隙 |
| 3 | 原边设备盖板 |
| 4 | 副边设备盖板 |
| 5 | 路面 |
| 6 | 安装高度 |

5.3.5 磁场无线充电系统的功能

5.3.5.1 磁场无线充电系统功能

MF-WPT系统应具有下述功能：

- a) 待机和唤醒功能；
- b) 兼容性检查功能；
- c) 初始对齐检查；
- d) 启动功率传输；
- e) 定时功率传输；
- f) 执行功率传输；
- g) 终止功率传输；
- h) 用户发起终止功率传输；
- i) 安全监测与诊断，包括
 - 功率传输情况的连续监测；
 - 指令以及控制通讯的连续监测；
 - 安全情况的连续监测。

5.3.5.2 功能详细介绍

5.3.5.2.1 待机和唤醒功能

一种典型情况是，车载设备发信号唤醒地面设备。

5.3.5.2.2 兼容性检查功能

根据初始化阶段交互的信息，检查原边设备和副边设备之间的兼容性。

- a) 表 2 中列出的功率等级；
- b) 工作频率；
- c) 磁耦合；
- d) 电路拓扑；
- e) 调谐。

5.3.5.2.3 初始对齐检查

MF-WPT系统应确定原边设备和副边设备之间是否对齐。

5.3.5.2.4 启动功率传输

MF-WPT系统应能够根据电动汽车的请求进行从原边设备到副边设备的功率传输。

MF-WPT系统应在指令和控制通讯正确建立并且原边设备和副边设备对齐之后，才进行功率传输。

5.3.5.2.5 执行功率传输

MF-WPT系统应根据电动汽车的功率要求进行从原边设备至副边设备的功率传输。

MF-WPT系统地面设备的传输功率不能超过最大传输功率限值。

电动汽车可以改变请求的传输功率。

5.3.5.2.6 终止功率传输

MF-WPT系统应能够根据电动汽车的要求，停止从原边设备向副边设备的功率传输。

电动汽车能够要求停止功率传输。

5.3.5.2.7 用户发起的终止功率传输

MF-WPT系统可以提供途径允许用户终止功率传输，比如通过按停止按钮。

5.3.5.2.8 安全监测与诊断

5.3.5.2.8.1 概述

MF-WPT系统应具有安全监测与诊断功能，可使用但不限于以下安全措施：

- a) 功率传输监测；
- b) 热监测；
- c) 活体保护；
- d) 故障检测。

5.3.5.2.8.2 热监测

WPT系统应符合第5.11.3节的规定；否则，应配备金属物体检测装置，一旦检测出金属物体，应停止功率传输。

5.3.5.2.8.3 活体保护

WPT系统可以设计提供活体保护方案。也可以提供活体检测措施，一旦检测出活体，可以停止功率传输。

5.3.5.2.8.4 故障检测

当地面设备发生以下情况，地面设备应停止功率传输：

- a) 短路；
- b) 接地漏电；
- c) 过温；
- d) 绝缘失效；
- e) 过流；
- f) 超载。

当电动汽车发生以下情况，电动汽车应停止功率传输：

- a) 短路；

- b) 接地漏电;
- c) 过温;
- d) 绝缘失效;
- e) 过流;
- f) 超载。

5.3.5.2.8.5 功率传输监测

地面设备应提供方法以监测实际输出功率与预期输出功率的差异在一定范围内。如果超出了上述范围，应停止功率传输。

电动汽车应提供方法以监测实际输入功率与预期输入功率的差异在一定范围内。如果超出了上述范围，应停止功率传输。

5.3.5.2.9 区域通风要求的确定

若在功率传输过程中需要额外的风冷通风装置，功率传输时应自动打开风冷装置，否则不应进行功率传输。

5.3.5.3 功率传输状态

MF-WPT系统地面设备和车载设备可通过指令和控制通讯交换各自的控制流程状态。

5.4 通讯

5.4.1 命令和控制通讯

电动汽车无线充电地面设施和车载设备之间的命令和控制通讯，需要交换信息来开启、控制和停止无线充电过程。

5.4.2 高级通讯

高级通讯用来交换电动汽车无线充电地面设施和电动汽车的信息。高级通讯信息是指命令和控制通讯之外的，但在无线充电过程中必须交换的信息。

5.5 环境要求

5.5.1 正常使用的环境条件

5.5.1.1 温度

工作温度范围： $-20^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

储运温度范围： $-25^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 。

5.5.1.2 湿度

工作相对湿度范围： $\leq 95\%$ 。

储运相对湿度范围： $\leq 95\%$ 。

5.5.1.3 设备安装地点

设备安装地点不得有爆炸危险介质，周围介质不含有腐蚀金属和破坏绝缘的有害气体及导电介质。不宜靠近生产、加工、储存铁磁性物件的场所。

5.5.2 交流输入电气条件

5.5.2.1 频率

频率变化范围不超过工频的±10%。

5.5.2.2 交流输入电压波动范围

输入电压波动范围不超过标称电压的±15%。

5.5.2.3 三相电交流输入电压不对称度

三相电交流输入电压不对称度不超过5%。

5.5.2.4 交流输入电压畸变率

交流输入电压应为正弦波，在非正弦含量不超过额定值10%时，无线充电系统应能正常工作。

5.6 电击防护

5.6.1 概述

危险带电部件不可靠近。

单一故障条件下应当实现电击保护措施。

对于固定安装的电动汽车供电设备，其要求详见GB/T 7251.7。

对于可以同时使用的连接点，推荐每个连接点使用独立的保护手段（过流保护和故障电流保护），以保证电力更好的可用性。

5.6.2 直接接触防护

5.6.2.1 可接触危险部分的防护等级

外壳的IP等级至少为IPXXC。

5.6.2.2 外壳的IP等级

非车载功率器件外壳的最小IP等级应满足：

- a) 室内使用：IP21；
- b) 室外使用：IP55。

车载功率器件外壳的最小IP等级应满足：

车内使用：IP55。

使用手册中应说明使用环境。

5.6.2.3 原边设备的IP等级

地理安装和地面安装的原边设备IP等级应遵循，

- a) 最小的IP等级应该为：IP65；
- b) 在公共路段安装的最小IP等级：IP67和IP69K。

合规检查试验应符合GB 4208。

5.6.2.4 副边设备的IP等级

车载副边设备IP等级应遵循，

最小IP等级：IP67。

5.6.3 能量存储—电容放电

插头从插座断开后10s，导电部分之间或任何导电部分和保护导体之间的电压应该不大于60 Vdc 或者残存的能量应小于0.2J。

这些要求也适用于WPT非车载系统的其他可插拔部分。

5.6.4 故障保护

故障保护模式按GB 16895.21进行。

5.6.5 保护导体尺寸

对于电动汽车无线充电系统非车载部分，应有保护导体在主供电的接地端子和外接的裸露导电部分之间建立等电位连接。

该保护导体应满足GB 16895.3的要求。

5.6.6 补充措施

5.6.6.1 附加保护

为了避免在基本保护和/或故障保护失效或用户误操作的情况下引起触电，需要附加保护。

除了使用电隔离保护措施电路，每个交流连接点应有自身的漏电保护器（RCD，符合GB 14048.3或GB 16917.1或GB 16916.1或GB 22794）。RCD选用型号A型或者B型。在多相供电中，如果可能的直流故障电流超过6mA，相应的负载特性未知，应有针对直流故障电流的保护措施，如采用B型RCD，或采用A型RCD并结合检测直流故障电流的设备来确保A型RCD的功能正常。

RCD应该与过流保护设备结合应用。

5.6.6.2 手动/自动复位

电路断路器，RCD和其他提供人身保护防止电击的设备不应自动复位。

5.6.7 远程通信网络

电动汽车无线充电系统应具有远程通信网络或者电信端口，对其的测试应符合连接远程通信网络的要求，GB 4943.1-2011第6章，且地面设施应具有数据外报的功能。

5.7 电动汽车无线充电系统的特殊要求

5.7.1 概述

在本章试验中，电动汽车无线充电系统应运行在额定电压下，输出最大输出功率和电流。如果设备设计成可在多个不同额定电压下运行，试验时应运行在所支持的最大额定电压下。

除非另有说明，第10章的试验在非运行状态下实施。

5.7.2 接触电流

该条款仅适用于通过线缆和插头连接的设备。

接触电流应在地面设施连接至交流电网的情况下，按照GB/T 12113进行试验：在测试Db（湿热交变测试，按GB/T 2423.4要求进行）后的一个小时之内进行试验；在测试Ca（湿热稳态测试，40℃±2℃并且93%的相对湿度，试验四天，按GB/T 2423.3要求进行）后的一个小时之内进行试验。

此试验时供电电压应为标称额定电压的1.1倍。

交流电极和可接触金属零件的接触电流应依照GB 4943.1进行试验，其值应不超过表10给出的数值。

表10 接触电流

| 接触金属零件位置说明 | 等级I | 等级II |
|---|-------|--------|
| 带电电极和可接触金属零件之间 任何(活动的)网络极和连接在一起的及外部绝缘的金属箔之间 | 3.5mA | 0.25mA |
| 带电电极和不可接触不带电金属零件之间 任何(活动的)网络极和通常为激活(双层绝缘)的可接触金属零件(固定)之间 | 不适用 | 3.5mA |
| 不可接触和可接触的不带电金属零件之间 不可接触的及可接触的固定连接在一起的金属零件和外部绝缘的金属箔(附加绝缘)之间 | 不适用 | 0.5mA |

在试验中，电动汽车无线充电系统应工作在额定电压下，输出最大输出功率和电流；设备由隔离变压器供电，或以与地隔离的方式安装。

注：通过固定电阻连接的电路，或者参考接地的电路，在试验前应断开。

5.7.3 绝缘电阻

应符合第7.2.2节的要求，并按第7.3.2节的要求进行试验。

5.7.4 绝缘强度特性

5.7.4.1 绝缘耐压强度

应符合第7.2.3节的要求，并按第7.3.3节的要求进行试验。

5.7.4.2 冲击耐压

应符合第7.2.4节的要求，并按第7.3.4节的要求进行试验。

5.7.5 过载保护和短路承受

5.7.5.1 一般要求

试验应按GB/T 17627.1的要求进行。

过流过压的保护措施应与GB 16895.5、GB/T 16895.10的要求相符。

充电站的过流或短路保护装置应配合交流供电网。

短路保护和承受能力应与GB 7251.1的要求一致。

5.7.5.2 接地电极和连续性试验

按照GB 7251.1的试验来检验是否合规。

5.7.5.3 接地路径试验

设备的接地路径(保护电路)应符合GB 7251.1的试验要求。

5.7.5.4 短路耐受强度

短路耐受强度的要求应符合GB 7251.1。

注：GB 7251.1规定了需要测试的电流要求和测试等级。

5.7.6 温升和防止过热

5.7.6.1 一般要求

温升和防止过热的要求是为了防止：

- WPT 系统可接触部件超过一定温度，对有意或无意的接触造成皮肤烧伤。
- WPT 系统的部件，零件，绝缘材料和塑料材料超过一定温度，在设备预期使用年限的正常使用中，就可能降低 WPT 系统的电气、机械或其他特性。
- 原边设备和副边设备之间的异物超过一定温度，成为具有接触危险的物体。

5.7.6.2 电动汽车无线充电系统可触及零部件的允许表面温度

伸手可及的设备零部件不应达到能导致人体烧伤的温度图9给出了材料温度和接触时间的定性例子。

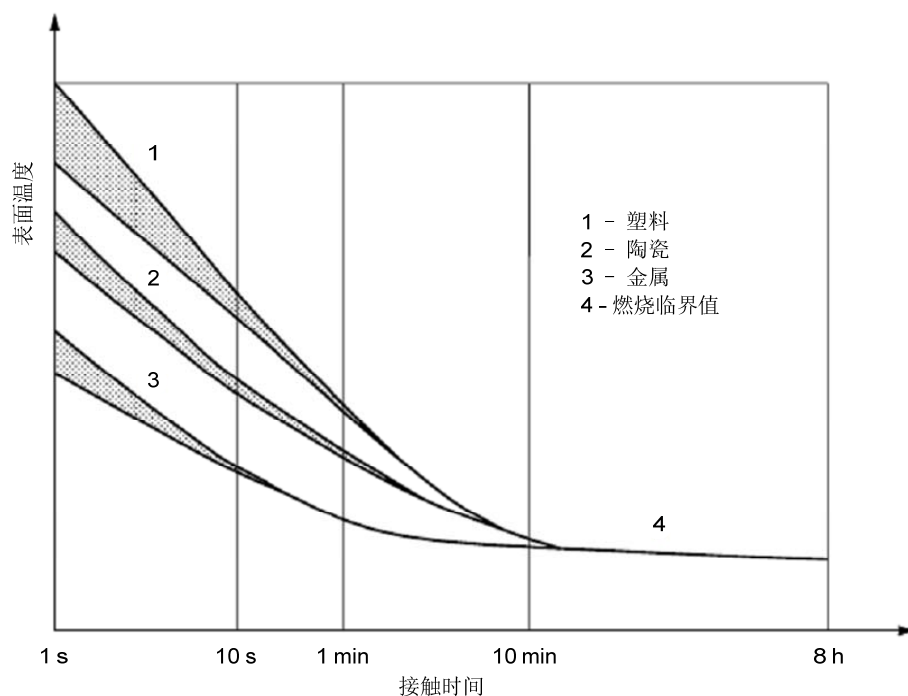


图9 材料温度和接触时间的定性关系（资料性）

无烧伤的典型接触时间应为1s。

在特殊情况（例如维修）下可能被人接触的表面，如果不符合相应的温度接触要求，应有清晰的警告标签标明。此外，相应的说明书应包括适当的警告。

5.7.6.3 材料的温度限制

WPT系统零部件的温升，是指根据GB 7251.1测得的该零部件的温度，与设备外的环境温度的温差。

温升不对电流承载部件或相邻部件造成危害。特别是绝缘材料，原始制造商应遵守或参照绝缘温度指数或符合GB/T 11021。

根据GB 7251.1对设备进行试验，来检验是否合规。

试验应持续到热稳定。

注：达到热稳定是指，在时间间隔不少于10分钟的三次连续温度读数，温度变化不大于2K。

当设备在额定环境温度（25℃）运行时，试验中温度不应超过表11中显示的上限。试验时环境温度若不同于额定环境温度，当应用表11中的上限时，应考虑其偏差。

表11在正常使用中的温升

| 部件 ^(注1) | 环境温度35℃时的温升 (GB 7251.1) /K |
|----------------------------------|----------------------------|
| 绕组，如果绝缘系统（线轴，以及与绕组接触的其它绝缘材料）是： | - |
| —A类 ^(注2) | 65 |
| —E类 ^(注2) | 80 |
| —B类 ^(注2) | 85 |
| —F类 ^(注2) | 105 |
| —H类 ^(注2) | 130 |
| —其它类 ^(注3) | - |
| 外部导体端子和开关端子 | 35 |
| 内部和外部接线所使用的绝缘材料： ^(注4) | - |
| —橡胶 | 30 |
| —聚氯乙烯 | 35 |
| 恶化可能影响安全的部分 ^(注5) | - |
| —橡胶（除了电线的绝缘） | 40 |
| —苯酚甲醛 | 70 |
| —尿素甲醛 | 50 |
| —浸渍纸和织物 | 50 |
| —浸渍木材 | 50 |
| —聚氯乙烯（除了电线的绝缘），聚苯乙烯和相同的热塑性材料 | 30 |
| —漆布 | 40 |
| 支撑件 | - |
| 印刷电路板： ^(注5) | - |
| —用苯酚-甲醛，三聚氰胺-甲醛树脂，苯酚-糠醛或聚酯粘合 | 70 |
| —环氧树脂粘合 | 105 |

注1：如果采用其它材料，不能在超过这些材料的允许温度下使用。

注2：分类与GB/T 11021-2014和GB/T 11026一致；不过数值已经做了调整，原因是考虑到这些试验中，温度是均值而不是热点的值。

注3：如果使用的绝缘材料不是GB/T 11021-2014和GB/T 11026所涵盖的，绝缘系统应能通过14.3的测试。

注4：如果组件是设备外表面的一部分，该组件的温度不得超过对该设备外表面所要求的温度。

注5：GB/T 5013和GB/T 5023分别规范了橡胶和聚氯乙烯的绝缘等级。

5.7.6.4 异物燃烧防护

由于电动汽车无线充电系统运行而引发的异物发热可能对人带来危险，其危害与电动汽车无线充电系统所采用的技术相关。本节内容是对静态电动汽车无线充电系统的需求。

对于不同的无线电能传输技术，必须定义一组日常生活中可能暴露在该能量下的试验对象。对于所定义的试验对象，在可触及的情况下，其温度不能超过GB 16895.2所规范的最大温度上限，如下：

- a) 金属部件的裸露金属表面：80℃；
- b) 非金属部件表面：90℃。

这些数值均为是默认值，并且是基于被加热物体的热容量假设。具体的试验对象类型可能界定不同的温度上限，取决于特定的技术和试验对象的定义（例：热容量小的物体，如有金属箔涂层的纸）。

为了减轻任何人试图触摸异物而被灼伤的危险，这些限制是绝对的、无条件的。臂展范围见图10和表12。

针对上述要求，可采用任何方法，只要确保试验对象不超过上述限制的温度。这些方法包括，但不限于，保证功率密度足够低以不导致试验对象过温，或暂停系统运行直到异物被移除。

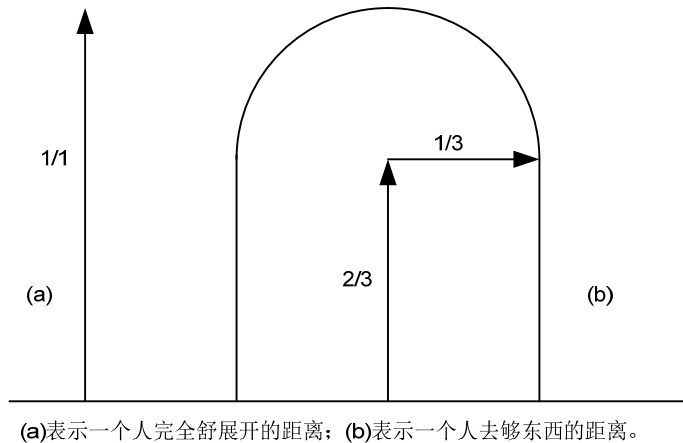


图10 臂展范围

表12 臂展范围测量值

| 年龄 | 从地面开始测量的垂直方向臂展范围（见图10(a)）/m |
|--------|-----------------------------|
| 低于2岁 | 1.00 |
| 2岁到6岁 | 1.50 |
| 6岁到14岁 | 1.80 |
| 成年人 | 2.30 |

5.7.7 机械事故的防护

安装WPT系统时，不得有任何锐利的边缘。

5.7.8 保护区域

定义如下四个保护区域，参考图11：

- a) 保护区域 1：电动汽车无线充电操作运行区域，保证无线电能传输的正常工作，同时并不暴露给使用者。保护区域 1 为原边设备和副边设备的外形轮廓所构成的空间；
- b) 保护区域 2：过渡区域。保护区域 2 为介于保护区域 1 和保护区域 3 之间的区域；
- c) 保护区域 3：电动汽车的周围区域，即汽车停靠位置的前后左右；
- d) 保护区域 4：电动汽车的内部（车舱）。

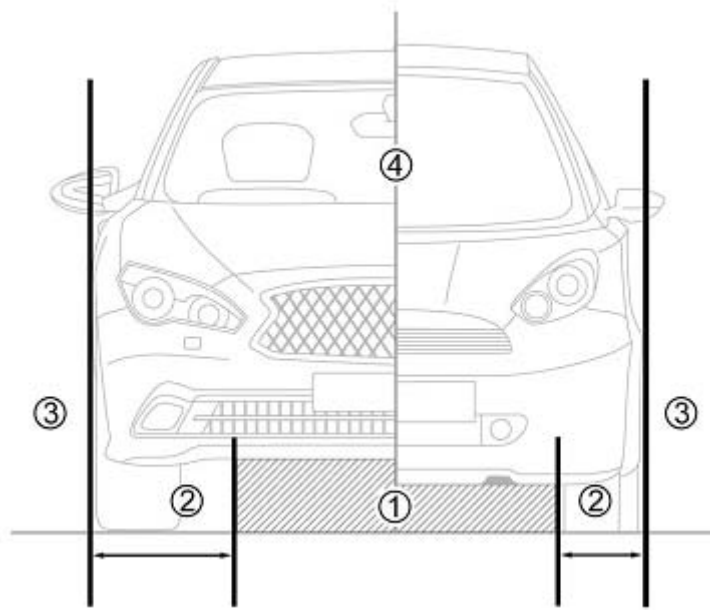


图11 保护区域示例

5.7.9 电磁场防护

系统应进行EMF人体安全试验。

系统可进行EMF辐射试验，其辐射值低于ICNIRP 2010参照水平，或者符合ICNIRP 2010基本限制。

5.8 电力电缆组件要求

对于便携式电动汽车无线充电系统，除了电缆组件，不应使用电缆加长组件连接原边设备和供电设备。

5.9 结构要求

5.9.1 一般要求

WPT除原边设备之外的地面设备，如果不安装在同一箱体内，应符合GB 7251.1的相关要求。

5.9.2 开关设备的分断能力

5.9.2.1 开关和隔离开关

开关及隔离开关应符合GB 14048.3的要求，并且：

- a) 在交流应用时必须有一个额定电流，在至少 AC-22A 使用类别的情况下，不小于该额定电流；
- b) 在直流应用时必须有一个额定电流，在至少 DC-21A 使用类别的情况下，不小于该额定电流。

通过检查、测量和实验来检验是否合规。

5.9.2.2 电流接触器

接触器应符合GB 14048.4的要求，并且：

- a) 在交流应用时必须有一个额定电流，在至少 AC-2 使用类别的情况下，不小于该额定电流；
- b) 在直流应用时必须有一个额定电流，在至少 DC-3 使用类别的情况下，不小于该额定电流。

通过检查、测量和实验来检验是否合格。

5.9.2.3 断路器

断路器应符合GB 10963.1。

通过检查、测量和实验来检验是否合格。电气特性应该至多C级。

5.9.2.4 继电器

继电器用于开关主电流通路，应符合GB 10963.1，并且：

- a) 在交流应用时的额定电流不小于制造商声称的额定电流。
- b) 在直流应用时的额定电流不小于制造商声称的额定电流。

5.9.3 电气间隙和爬电距离

应符合GB/T 7251.7的要求。

仅供室内使用的设备，运行环境应设计为：最小污染等级为2、过电压类别II。

室外使用的设备，运行环境下应设计为：最小污染等级为3、过电压类别III。

如果器件采用了符合GB/T 16935.1的降低过电压方案，则可以适当降低过电压类别要求。

如果外壳的保护等级至少为IP5X，并且注意避免冷凝，则微环境的污染等级要求可以降低到污染等级2。

设备的测试评估应在封装后进行。

电气间隙和爬电距离应符合第7.2.8节的要求。

5.10 车辆碾压试验

根据GB/T 20234.1进行车辆碾压试验。

下述的试验方法适用于功率等级MF-WPT1和MF-WPT2。其它功率等级的试验方法待定。

带供电电缆的原边设备应按照制造商预定的方式安装在平坦的混凝土底板上。

碾压力为一只轮胎载荷(5000±250)牛顿，采用普通汽车轮胎，P225/75R15或其它类似轮胎，安装在钢轮毂上，胎压(220±10)kPa。车轮以(8±2)公里/小时的速度滚过车辆连接器或者插头。

碾压力应至少施加三次，从设备的一侧开始碾压，通过中间部分，直至设备的另一侧，这样，设备的整个表面都受到碾压试验，同时X方向和Y方向都要进行试验。下一步，碾压方向调转45度，进行同样的试验。第三步，再调转45度角，进行同样的试验。

电缆试验时，电缆要平直，施加碾压力在电缆上。如果电缆安装在管道内或者类似情况，电缆的碾压试验不适用。

不应有严重的破裂、折损或者变形，以致于：

- a) 带电部件被符合GB 4208的IPXXC测试探头接触到；
- b) 机壳的完整性被破坏，以至于不能给设备的内部部件提供有效的机械保护或环境保护；
- c) 干扰设备正常工作，或破坏设备功能；
- d) 设备或其电缆夹不能为供电电缆提供合适的拉力；
- e) 带电部件和可接触到的不带电/接地的金属间的爬电距离和间隙，低于GB/T 7251.7中的规定值；
- f) 其它可能会导致火灾或者触电风险的损害。

5.11 服务和试验条件

5.11.1 一般要求

在本章要求的试验中，电动汽车无线充电系统运行在标称电压、最大输出功率和电流情况下。安全特性不允许降低。如果某种情况下，会发生明显的性能下降，制造商应就此情况给予说明。

电动汽车无线充电系统的供电设备设计为在正常工作条件下使用，并符合5.11.2.1-5.11.2.4和5.11.2.6的要求。除非用户和制造商之间达成的协议中约定了其它特殊工作条件。

注1：如果组件（例如继电器、电子设备）不适用于这些工作条件，则应采取适当的手段来确保其可正常工作。

注2：特殊安装环境需要对性能进行确认，这需要用户和制造商之间用协议约定。

5.11.2 环境试验

5.11.2.1 环境温度

设备应在规定的环境温度、最高温、最低温条件下试验，制造商要保证在这些条件下功率处于由制造商所承诺的功率水平。设备应通过高低温条件下的功能试验，包括符合GB/T 2423.1要求的最低温试验（测试Ab）和符合GB/T 2423.2要求的最高温试验（测试Bb）。

设备要通过在各温度下的启动和停止周期试验。

系统测试对于室内安装的环境温度要求

环境温度上限40℃，且24小时平均温度不超过35℃。

环境温度下限是-5℃。

系统测试对于室外安装的环境温度要求

环境温度上限50℃，且24小时平均温度不超过35℃。

环境温度下限是-20℃。

5.11.2.2 环境湿度

电动汽车无线充电系统应设计运行在5%和95%之间的相对湿度之间。

应选择如下两个试验之一进行试验：

室内安装的湿度条件

最高温40℃时空气相对湿度不超过50%。低温时可能允许更高的相对湿度，如20℃时90%。应留意可能会由于温度的变化发生的中度冷凝。

合格检验应通过下面的试验条件：

- a) 6个周期为24小时的湿热循环试验：符合GB/T 2423.4，温度在 (40 ± 3) ℃、相对湿度为95%（测试Db）；
- b) 2个周期为24小时的盐雾试验：符合GB/T 2423.17，温度为 (35 ± 2) ℃（测试Ka：盐雾）。

室外安装的湿度条件

最高温度为25℃时的最高相对湿度可暂时达到100%。

合格检验应通过下面的试验条件：

- a) 5个周期为24小时的湿热循环试验：符合GB/T 2423.4，温度在 (40 ± 3) ℃、相对湿度为95%（测试Db）；
- b) 7个周期为24小时的盐雾试验：符合GB/T 2423.17，温度为 (35 ± 2) ℃（测试Ka：盐雾）。

5.11.2.3 环境大气压

无线充电系统应设计运行在86到106 kPa之间的大气压下。

5.11.2.4 污染等级

污染等级是指设备所处的环境条件。详见IP等级要求5.6.2.3和5.6.2.4。

5.11.2.5 干热

按GB 7251.1要求进行干热试验。

通过符合GB 7251.1-2013中10.2.3.1的实验来检验是否合格。

注1：干热实验可结合外壳的热稳定性实验。

5.11.2.6 低温试验

低温试验应遵循GB/T 2423.1中试验Ab：

- a) 室外使用设备， $-25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 运行 16 小时；
- b) 室内使用设备， $-5^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 运行 16 小时。

5.11.2.7 高温试验

高温试验应遵循GB/T 2423.2中试验Be：

- a) 室外使用设备， $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 运行 16 小时；
- b) 室内使用设备， $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 运行 16 小时。

5.11.2.8 交变湿热试验

交变湿热试验应遵循GB/T 2423.4中试验Db 交变湿热（12h+12h循环）：

- a) 室外使用设备， $50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，循环 2 次；
- b) 室内使用设备， $40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，循环 2 次

在湿热试验结束前 2h 进行绝缘电阻和介电强度复试，绝缘电阻应不小于 $1\text{M}\Omega$ ，介电强度按要求的 75% 施加测量电压。试验结束后，在环境箱内恢复至正常大气条件，通电后检查充电机各项功能正常。

5.11.2.9 IP防护等级试验

5.11.2.9.1 防止固体异物进入试验

按照GB 4208的方法进行防止固体异物进入充电机壳体试验。

室外使用的充电机满足IP5X要求，将充电机放入密闭试验箱内进行试验，密闭试验箱内的粉末循环泵使滑石粉悬浮，滑石粉用金属方孔筛滤过，砂尘用量按试验箱容积计算 $2\text{kg}/\text{m}^3$ ，试验持续8h，试验后，观察滑石粉沉积量及沉积地点，应不足以影响充电机的正常操作或安全，并且通电后充电机运行正常。

室内使用的充电机应满足IP2X要求，使用直径12.5mm的球形物体试具进行试验，要求不得完全进入壳内。

5.11.2.9.2 防止水进入试验

按照GB 4208-2008中的14.2.5条款规定的试验方法进行防水试验。

试验后，检查充电机壳内无明显积水，或有进水，但不应影响充电机的正常操作或破坏安全性，且通电后充电机运行正常。

室内使用的充电机不需要进行防止水进入试验。

5.11.2.9.3 振动

固定安装的供电设备不进行振动试验。车载设备须进行振动试验和冲击试验。

5.11.2.9.4 振动试验要求

车载充电机处于非工作状态，使其承受上下、左右、前后三个方向的随机振动试验，每一方向试验21h，振动试验条件按照表13要求进行。

表13扫频振动试验条件

| 频率/ Hz | 振幅/ mm | 加速度/ m/s ² | 扫频速率/ oct/min | 每一方向试验时间/h |
|-----------|-----------|--------------------------|------------------|------------|
| 10~25 | 1.2 | - | 1 | 8 |
| 25~500 | - | 30 | | |

注1：表中的振幅和加速度适用于“Z”和“Y”方向，对于“X”和“Y”方向其振幅和加速度值可以除以2。
注2：振动试验时的“Z”方向规定为：与汽车的垂直方向平行的方向。

5.11.2.9.5 冲击试验要求

车载充电机处于不工作状态，承受峰值加速度为50 m/s²、标称脉冲持续时间为6ms的半正弦脉冲冲击。

5.11.2.9.6 防腐蚀保护

具体要求见第7.4.4.1节。

5.11.3 特殊使用条件

在任何特殊使用条件下，应满足制造商和用户之间达成的特殊协议中提出的特殊要求。如出现此类异常工作条件，用户应将情况告知设备制造商。

特殊使用条件包括：

- 不同于本标准中给出的温度值、相对湿度和/或海拔；
- 温度和/或空气的压力变化速度快而使设备内部发生例外的冷凝现象；
- 粉尘、烟雾、腐蚀性或放射性粒子，蒸汽或盐等引发的严重污染；
- 暴露在强电场或强磁场中；
- 暴露于极端的气候条件下；
- 被霉菌或小动物攻击；
- 安装在存在火或爆炸危险的地点；
- 受到严重振动、冲击、地震灾害；
- 内置或墙内安装设备因不当安装而影响其电流承载能力或断路能力；
- 受到传导干扰和辐射干扰，以及除本标准所描述之外的电磁干扰；
- 过电压或电压波动；
- 供电电压或负载电流中过多的谐波。

5.11.4 运输、储存和安装条件

如果运输、储存和安装条件（例如温度和湿度）不同于5.10.2中定义的，用户和制造商应达成特殊协议。

5.11.5 室外曝露试验

5.11.5.1 极端寒冷气候的低温试验

当设备运行的环境比5.10.2中规定的温度低时，根据需要，针对极端寒冷气候的低温试验应该按照GB/T 2423.1进行（测试Ab），以制造商定义的额定最低温运行16小时。

5.11.5.2 太阳辐射下的热试验

该试验应符合GB/T 2423.24中试验Sa，过程B的要求。

在太阳辐射下的热试验可以根据5.10.2的要求在更高的温度下进行。

5.11.6 海洋和沿海环境的潮湿、盐雾试验

海洋和沿海环境的潮湿、盐雾试验根据第7.4.4.1节防腐蚀保护试验的要求进行。

5.11.7 组件内的冷凝

用于室外和室内安装的封闭的设备和组件，若用在高湿度和温度变化范围大的环境下，应采取措施防止设备内产生有害的冷凝现象。可以使用如通风和/或内部加热、排水孔等措施。

需同时保证5.6.2.3和5.6.2.4中要求的保护等级。

5.11.8 允许的表面温度

用户可以接触到的电动汽车无线充电系统设备部分的最高温度不得超过表14中规定的值。对于室内试验，试验结果应校正到环境温度为20至25℃。对于室外安装设备或电动车载设备，试验结果应校正到环境温度为40℃。如下情况可视为可接受：设备表面被偶然接触，若采用适当的警告标签进行清楚地标示且设备指导书中有适当的警告。

表14 最高表面温度

| 位置 | 金属表面/℃ | 非金属表面/℃ |
|--|--------|---------|
| 提拿、携带或持握的把手或旋钮 | 55 | 65 |
| 接触但非提拿、携带或持握的把手或旋钮； 接触表面和用户维护时需要触及的表面 | 70 | 80 |
| 偶尔接触的表面 | 80 | 90 |

5.11.9 温升和燃烧试验

5.11.9.1 试验平台设置

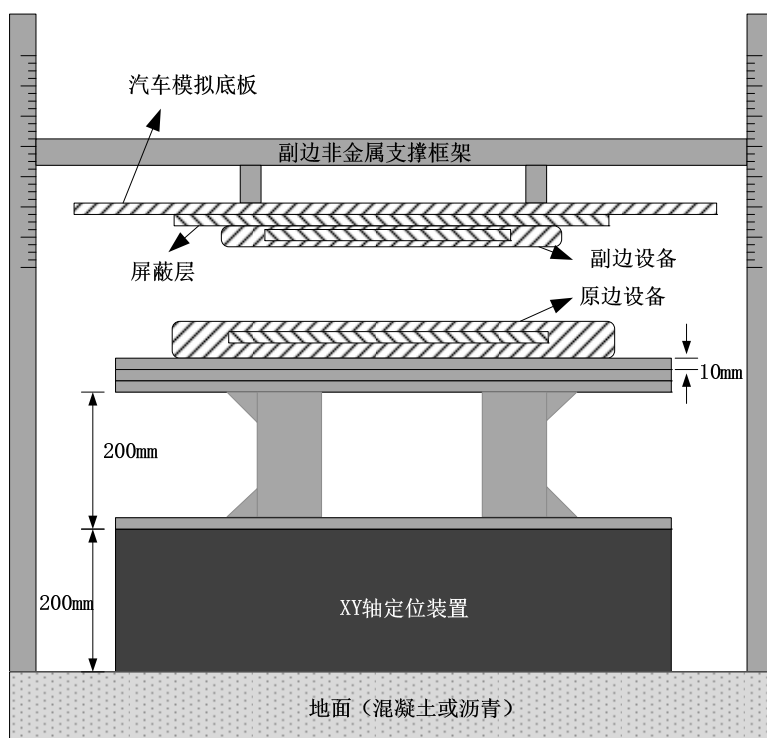
试验平台可容纳：

- 原边设备；
- 副边设备。

它们相对于原点的位置可在本标准规定的范围内改变。

测试性能时，需要连接合适的逆变器或者车载电子设备。功率测量通过模拟负载完成。

试验平台如图12所示：



注：副边设备、屏蔽层、汽车模拟底板之间应紧密贴合

图 12 试验平台示意图

试验平台中，车载设备应使用非导电结构（如玻璃钢或塑料）来支撑，且放置在地面设备上方。在试验时，车载设备在X、Y轴平面上的位置是固定的。

地面设备通过一个200mm厚的绝缘支架支撑在定位调节装置上方，该定位装置在X、Y轴平面上将地面设备精确地定位在车载设备的下方。如果定位调节装置由导电材料构成，则需增加200mm厚的支撑垫。绝缘支架应可使地面设备在磁场中心处围绕Z轴旋转，且在测试中不需要重新调整X和Y位置。在200mm厚的绝缘支架上，可通过多个10mm垫片组合来改变原、副边设备之间的间隙。另外，也可通过调节副边设备支撑架的高度来调节工作间隙值，使用该类方法时，需通过测量支撑结构的高度位置或直接测量工作间隙进行验证。

试验平台中，使用尺寸1.5m×1.5m（默认尺寸）钢板作为汽车模拟底板，钢板材料为高强度低合金16Mn或等效钢材，其厚度为0.7mm~1mm。该车辆模拟底板应使用一块尺寸为1.1 m x 1.1 m（或按照制造商的设计的更小尺寸）、厚度为0.7mm~1mm的铝板（6061或同等铝合金）来进行屏蔽，该铝板放置在车辆模拟底板的下方。如果制造商要使用另一种铝屏蔽，则该尺寸应小于默认尺寸，但在一次试验中只能使用一种屏蔽。

5.11.9.2 异物温升的测试体

5.11.9.2.1 概述

测试体用于测量处于工作区域（保护区域1）内的异物，其温度符合相关的温度限制。温度在稳态下测量得到。

5.11.9.2.2 测试体1

表15描述了测试体1的特性，用于测量处于工作区域（保护区域1）内异物的温升。

表15 测试体1

| | |
|----|--------------------------|
| 材料 | 磁性钢 S 235 JR |
| 大小 | 100 × 70 × 10 (mm×mm×mm) |

5.11.9.2.3 测试体2

1元硬币，也作为一个测试体如表16所示。

表16 测试体2

| | |
|----|-----------------------|
| 材料 | 94.35%的铁，5.65%的铜 |
| 大小 | 直径25 (mm) 厚度1.85 (mm) |

5.11.9.3 火灾风险评估的测试体

5.11.9.3.1 概述

表17描述的测试体，用于检验处于工作区域（区域1）内异物燃烧的抗燃烧要求。

测试体按以下方面定义：

- a) 大小；
- b) 材料层厚度；
- c) 材料成分。

5.11.9.3.2 测试体

表17 燃烧测试体

| | |
|----|-------------------|
| 材料 | 铝包膜材料，如，纸 |
| 大小 | 200 × 200 (mm×mm) |

材料的厚度在DIN ISO 534中给出。

5.11.9.4 试验流程

5.11.9.4.1 概述

原边设备的位置应考虑制造商提供的安装高度。副边设备的初始位置是标称位置。

表18气隙和偏移设置

| 位置 | 方向 | 高度 | 位置序号 |
|----|----|----|------|
| 标称 | 标称 | 标称 | 1 |
| 偏移 | 0 | 最小 | 2 |
| 偏移 | 0 | 最大 | 3 |
| 偏移 | X轴 | 标称 | 4 |

| | | | |
|----|-------|----|---|
| 偏移 | Y轴 | 标称 | 5 |
| 偏移 | X轴+Y轴 | 标称 | 6 |
| 偏移 | X轴+Y轴 | 最小 | 7 |
| 偏移 | X轴+Y轴 | 最大 | 8 |

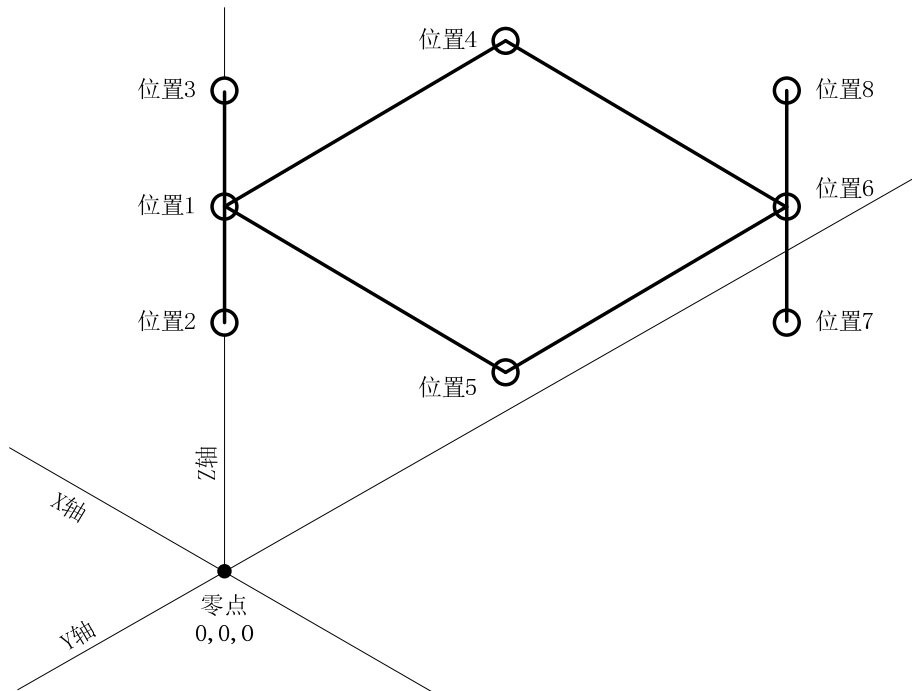


图13 副边设备的试验位置

5.11.9.4.2 温升试验

测试体位于工作区域内，原边设备和副边设备处于标称位置。达到热平衡后，通过测量探头来测量温升。

试验参数如表19中所示。

表19 温升和燃烧试验参数

| 试验参数 | 参数值 | 备注 |
|---------|-------------------|------------------|
| 副边设备的位置 | 位置2 | 副边设备在0, 0, 0平面之上 |
| 副边设备的位置 | 位置3 | 副边设备在0, 0, 0平面之上 |
| 功率 | P_{\max} (副边输出) | 由制造商提供 |
| 环境温度 | T_{amb} | 25 °C |

5.11.9.4.3 燃烧试验

测试体位于工作范围内，原边设备和副边设备处于标称位置。根据制造商提供的最大输出功率进行试验。

试验参数详见表19。

5.12 电磁兼容性

5.12.1 概述

电动汽车无线充电系统依据标准进行试验，不应导致危险或不安全，其合格判据说明如下。

性能判据A

产品在试验中和试验后都按预期正常工作，没有性能降低和功能丧失（能达到制造商制定的最小性能要求或依据产品相关文件可以合理推定的性能要求）。

性能判据B

产品在试验后按预期正常工作，试验中可以有性能降低或功能丧失，试验结束后自行恢复，且试验前的工作状态或存储的数据不被改变（能达到制造商制定的最小性能要求或依据产品相关文件可以合理推定的性能要求）。

性能判据C

产品允许有功能丧失，通过复位操作后可恢复使用。

任何情况下，安全相关的功能和测量应满足性能判据A的要求。

5.12.2 电磁抗扰度（EMS）要求

5.12.2.1 静电放电抗扰度

电动汽车无线充电系统地面设备应能承受GB/T 17626.2-2006中第5章规定的静电放电抗扰度试验。试验要求为接触放电 $\pm 4\text{kV}$ ，空气放电 $\pm 8\text{kV}$ ；性能判据B。

5.12.2.2 射频电磁场辐射抗扰度

电动汽车无线充电系统地面设备应能承受GB/T 17626.3-2016中第5章规定的试验等级为3级的射频电磁场辐射抗扰度试验。

试验要求为测试频率段80MHz-2700MHz，场强大小24V/m；性能判据A。

5.12.2.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

电动汽车无线充电系统地面设备应能承受GB/T 17626.4-2008中第5章规定的试验等级为4级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

试验要求为供电电源端口： $\pm 2\text{kV}$ ；I/O信号、数据端口： $\pm 2\text{kV}$ ；波形发生器：5/50us波形，重复频率为5 kHz；性能判据B。

5.12.2.4 射频场感应的传导骚扰抗扰度

电动汽车无线充电系统地面设备应能承受GB/T 17626.6-2008中第5章规定的试验等级为3级的射频场感应的传导骚扰抗扰度试验。

试验要求为测试频率范围：150kHz-80MHz，10V；幅度调制：80%AM（1kHz）；性能判据A。

5.12.2.5 浪涌抗扰度

电动汽车无线充电系统地面设备应能承受GB/T 17626.5-2008中第5章规定的试验等级为3级的浪涌（冲击）抗扰度试验。

试验要求为AC电源端口：线-线±2 kV，线-地±4 kV；性能判据B。

5.12.2.6 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度

电动汽车无线充电系统地面设备应能承受GB/T 17626.11-2008中第5章规定的试验等级为3类的电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验。

试验要求见下表20。

表20 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度要求

| 电压下降率 | 持续时间 | 通过要求 |
|-------|--------|-------|
| 30% | 25个周期 | 性能判据C |
| 60% | 10个周期 | 性能判据C |
| 95% | 1个周期 | 性能判据B |
| 100% | 250个周期 | 性能判据C |

5.12.3 电磁骚扰类（EMI）要求

5.12.3.1 概述

按照GB 4824-2013中的分组，无线充电系统设备为2组设备。按照设备的使用环境进行分类，分为A类设备和B类设备，两类设备的应用场合如下所述：

A类设备

非家用和不直接连接到住宅低压供电网设施中使用的设备。

A类设备应满足A类限值。

警告：A类设备用于工业环境中。在用户文件中应提醒用户注意，由于（设备的）传导骚扰和辐射骚扰，在其他的环境中要确保电磁兼容可能有潜在的困难。

B类设备

家用设备和直接连接到住宅低压供电网设施中使用的设备。

B类设备应满足B类限值。

5.12.3.2 传导骚扰限值

无线充电系统地面设备的电源端子骚扰电压限值应符合GB/T 7260.2中如表21规定的传导骚扰电压限值。

表21无线充电系统A类设备的电源端子骚扰电压限值

| 频段/MHz | 额定输入功率≤75kVA | | 额定输入功率>75kVA | |
|-----------|--------------|-------|--------------|-----|
| | 限值/dB(μV) | | 限值/dB(μV) | |
| | 准峰值 | 平均值 | 准峰值 | 平均值 |
| 0.15~0.50 | 100 | 90 | 130 | 120 |
| 0.50~5.0 | 86 | 76 | 125 | 115 |
| 5.0~30.0 | 90~73 | 80~60 | 115 | 105 |

| | | |
|--|-----------|--|
| 随频率对数线性减小 | 随频率对数线性减小 | |
| 在过渡频率上采用较严格的限值。 | | |
| 注 1: 该限值只适用于低压交流输入端口; | | |
| 注 2: 对于单独连接到中性点不接地或经高阻抗接地的工业配电网, 且额定输入功率小于或等于 75kVA 的 A 类设备, 其限值可参考额定输入功率大于 75kVA 的 2 组设备限值。 | | |

电动汽车无线充电系统B类设备的交流输入端骚扰电压限值应符合GB 4824-2013 (CISPR 11) 中如表22规定的传导骚扰电压限值。

表22 无线充电系统B类设备的电源端子骚扰电压限值

| 频段/MHz | 准峰值/dB(μV) | 平均值/dB(μV) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| 0.15~0.50 | 66~56 随频率对数线性减小 | 56~46 随频率对数线性减小 |
| 0.50~5 | 56 | 46 |
| 5~30 | 60 | 50 |
| 在过渡频率上采用较严格的限值。 | | |

电动汽车无线充电系统地面设备的信号和控制端口应符合GB/T 9254中如表23规定的传导骚扰电压限值和电流限值。

表23 无线充电系统地面设备的信号和控制端口传导共模（不对称）骚扰限值

| 频段/MHz | 电压限值/dB(μV) | | 电流限值/dB(μA) | |
|---|-------------|-------|-------------|-------|
| | 准峰值 | 平均值 | 准峰值 | 平均值 |
| 0.15~0.50 | 97~87 | 84~74 | 53~43 | 40~30 |
| 0.50~30 | 87 | 74 | 43 | 30 |
| 注1: 在0.15 MHz~0.5 MHz频率范围内, 限值随频率的对数呈线性减小。 | | | | |
| 注2: 电流和电压的骚扰限值是在使用了规定阻抗的阻抗稳定网络(LISN)条件下导出的, 该阻抗稳定网络对于受试的信号和控制端口呈现150Ω的共模(不对称)阻抗(转换因子为20×lg150=44 dB)。 | | | | |

5.12.3.3 辐射骚扰限值

电动汽车无线充电系统A类设备应符合GB/T 9254中如表24规定的电磁辐射骚扰限值。

表24 电动汽车无线充电系统A类设备的电磁辐射骚扰限值

| 频段/MHz | 限值 | | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | 30m测试距离 | 10m测试距离 | 3m测试距离 |
| | 电场准峰值/dB(μV/m) | 电场准峰值/dB(μV/m) | 电场准峰值/dB(μV/m) |
| 30~47 | 58 | 68 | 78 |
| 47~53.91 | 40 | 50 | 60 |
| 53.91~54.56 | 40 | 50 | 60 |
| 54.56~68 | 40 | 50 | 60 |
| 68~80.872 | 53 | 63 | 73 |
| 80.872~81.848 | 68 | 78 | 88 |

| | | | |
|-----------------|----|----|----|
| 81.848~87 | 53 | 63 | 73 |
| 87~134.786 | 50 | 60 | 70 |
| 134.786~136.414 | 60 | 70 | 80 |
| 136.414~156 | 50 | 60 | 70 |
| 156~174 | 64 | 74 | 84 |
| 174~188.7 | 40 | 50 | 60 |
| 188.7~190.979 | 50 | 60 | 70 |
| 190.979~230 | 40 | 50 | 60 |
| 230~400 | 50 | 60 | 70 |
| 400~470 | 53 | 63 | 73 |
| 470~1000 | 50 | 60 | 70 |

注1：在试验场地测量时，A类设备可在3m、10m或30m距离下测试。小于10m的测量距离只适用于符合GB4824-2013中3.10所规定的设备。

注2：在过渡频率上采用较严格的限值。

注：3m距离所规定的限值只适用于满足GB4824-2013中3.10所定义的小型设备。

电动汽车无线充电系统B类设备应符合GB 4824-2013中如表25规定的电磁辐射骚扰限值。

表25电动汽车无线充电系统B类设备的电磁辐射骚扰限值

| 频段/MHz | 限值 | |
|-----------------|----------------|----------------|
| | 10m测试距离 | 3m测试距离 |
| | 电场准峰值/dB(μV/m) | 电场准峰值/dB(μV/m) |
| 30~80.872 | 30 | 40 |
| 80.872~81.848 | 50 | 60 |
| 81.848~134.786 | 30 | 40 |
| 134.786~136.414 | 50 | 60 |
| 136.414~230 | 30 | 40 |
| 230~1000 | 37 | 47 |

注1：在试验场地测试时，B类设备可在3m或10m距离下测量，小于10m的测量距离只适用于符合GB4824-2013中3.10所规定的设备。

注2：在过渡频率上采用较严格的限值。

5.12.3.4 低频磁场发射限值

电动汽车无线充电系统设备的低频磁场发射限值满足GB 4824-2013（CISPR 11，测试距离10m）中如表26规定的低频磁场发射限值。

表26低频磁场发射限值

| 频段/MHz | 磁场准峰值 测试距离 3m dB(uA/m) | 磁场准峰值 测试距离 10m dB(uA/m) |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|
| 0.15~0.49 | 82 | 57.5 |

| | | |
|-------------|-----------|------|
| 0.49~1.705 | 72 | 47.5 |
| 1.705~2.194 | 77 | 52.5 |
| 2.194~3.95 | 68 | 43.5 |
| 3.95~11 | 43.5~28.5 | 18.5 |
| 11~20 | 28.5 | 18.5 |
| 20~30 | 18.5 | 8.5 |

5.12.3.5 谐波电流限值

电动汽车无线充电系统地面设备的谐波电流限值满足GB17625.1（额定电流不大于16A）和GB/Z 17625.6（额定电流大于16A但不大于75A）的规定，试验限值见表27。

表27谐波电流限值

| 相电流 | 谐波n | 偶次谐波 | | | | - | | | | |
|---------------|-----------|---------|------|------|----------|------|------|----------|-----|--|
| | | 2 | 4 | 6 | 8≤n≤40 | - | | | | |
| I≤16A | 谐波电流允许值/A | 1.08 | 0.43 | 0.30 | 0.23×8/n | | | | - | |
| | 谐波n | 奇次谐波 | | | | | | | | |
| | | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15≤n≤39 | | |
| | 谐波电流允许值/A | 2.30 | 1.14 | 0.77 | 0.40 | 0.33 | 0.21 | .15×15/n | | |
| 16A<I ≤75A | 谐波n | 偶次谐波 | | | - | | | | | |
| | 谐波电流允许值/A | 0.6或8/n | | | - | | | | | |
| | 谐波n | 奇次谐波 | | | | | | | | |
| | | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | |
| | 谐波电流允许值/A | 21.6 | 10.7 | 7.2 | 3.8 | 3.1 | 2.0 | 0.7 | 1.2 | |
| | 谐波n | 奇次谐波 | | | | | | | | |
| | 19 | 21 | 23 | 25 | 27 | 29 | 31 | 33 | | |
| | 谐波电流允许值/A | 1.1 | 0.6 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | |

5.13 标识和说明

5.13.1 一般要求

标识和说明要符合第5.11章的要求。

设备要标上等级或者其它能表示运行时的苛刻或非常环境条件的信息。

5.13.2 电动汽车供电设备的标识

设备要以清晰的方式进行但不限于如下标识：

- 公司名称、简称、商标或用以清晰识别制造商的标识；（必选）
- 设备标号、产品编号；（必选）
- 序列号或生产批次号；（必选）
- 制造日期；（必选）
- 功率等级；（必选）
- 额定输入交流（AC）或直流（DC）；（必选）
- 额定频率（kHz）；（必选）
- 额定输出电流（A）、额定输出电压（V）；（必选）

- i) 输入相数；（可选）
- j) IP 等级（保护等级）；（可选）
- k) 室内使用或室外使用的标识；（必选）
- l) 所有与类别、特性和产品差异化因素相关的必要信息；（可选）
- m) 联系信息（电话号码，承包商地址，安装者或者制造商）；（可选）
- n) 过载能力。（可选）

5.13.3 可识别性

铸造、冲压、雕刻或类似的方式制作的标签，包括带层压塑料覆盖层的标签，不进行下列试验。该标准所提出的标记要求，要对矫正视力清晰可见，且在设备使用过程中耐用和可见。

检查其合规性，且作如下试验：先手持一块浸过水的布摩擦标记15秒钟，然后用一块浸过油漆溶剂的布摩擦标记15秒钟。

注：油漆溶剂规定为己烷溶剂，芳香剂最大含量0.1%，贝壳杉脂丁醇值为29，初馏点65摄氏度，终馏点69摄氏度，密度大约为0.68g/cm³。

试验后，标志要在不经过其它辅助放大的情况下能够被正常或矫正过的视力清晰可见。标牌不应易被移除且无卷曲现象。

5.13.4 连接指导说明

随车材料中需要包含指导电动汽车与无线充电系统如何连接的指导书。电动汽车无线充电系统需要附用户手册和制造商技术手册。

6 接口要求

6.1 原边设备和副边设备接口要求

6.1.1 工作频率

电动汽车无线充电系统的原边设备和副边设备应满足表28的工作频率要求。

表28 工作频率

| | 符号 | 频率/kHz |
|--------|------------|---------|
| 标称频率 | f_{sys} | 85 |
| 工作频率范围 | Δf | ± 5 |

6.1.2 工作气隙

电动汽车无线充电系统的原边设备和副边设备应满足表29的工作气隙要求。

表29 工作气隙

| 功率等级 | 类别 | 工作气隙/mm |
|-----------------|------|-----------|
| MF-WPT1、MF-WPT2 | 小气隙 | 70 – 130 |
| | 中等气隙 | 120 – 180 |
| | 大气隙 | 170 – 230 |
| MF-WPT3 | 小气隙 | 110 – 170 |

| | | |
|--|------|-----------|
| | 中等气隙 | 160 – 220 |
| | 大气隙 | 210 – 270 |

6.1.3 偏移范围

电动汽车无线充电系统的原边设备和副边设备应满足表30的偏移范围要求。

表30 偏移范围

| 功率等级 | 类别 | 最大偏移/mm |
|-------------------------|-----------|---------|
| MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 | 行驶方向偏移 | ±75 |
| | 垂直于行驶方向偏移 | ±100 |

6.1.4 耦合系数

在表29要求的工作气隙范围，以及表行驶方向和垂直于行驶方向要求的偏移范围内，原边线圈和副边线圈之间的耦合系数应满足： $0.1 \leq k \leq 0.4$ 。

6.1.5 系统效率

在标称条件下，系统效率应达到第5.2.6节标称工作点的要求。在表行驶方向和垂直于行驶方向所有要求的偏移下，系统效率应达到第5.2.6节偏移条件下的要求。

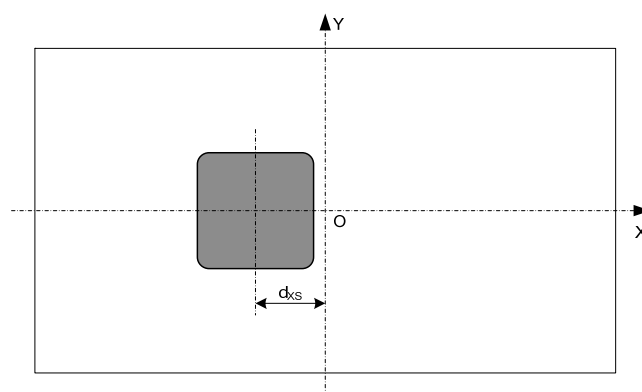
6.1.6 原边设备

6.1.6.1 线圈尺寸

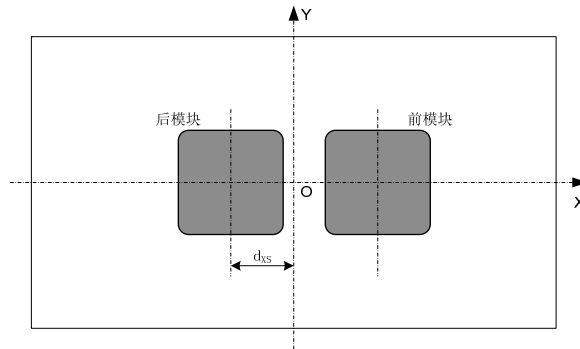
原边线圈的尺寸参考设备商提供的数据。

6.1.6.2 安装位置

图14为原边设备在无线充电停车位的安装位置示意图。其中， d_{XS} 为原边线圈中心和无线充电停车位中心在前后X-轴方向的距离



(a) 单模块



(b) 两个模块前后并联

图14 无线充电停车位和停车限位器示意图

原边设备在无线充电停车位中的安装位置应符合表31的要求。

表31 原边设备安装位置

| 功率等级 | 方向 | 安装位置/mm | 坐标轴 |
|-------------------------|--------------------|---------|-----|
| MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 | 行驶方向 | (注1) | X |
| | 垂直于行驶方向 | 0 | Y |
| | 高度方向 | +50 | Z |
| | d_{xs}/mm | (注1) | X |

6.1.7 副边设备

6.1.7.1 线圈结构

副边线圈结构应与原边线圈在磁场特性上相匹配。

6.1.7.2 线圈尺寸

副边线圈的尺寸参考设备商提供的数据。

6.1.7.3 安装位置

副边设备在电动汽车上的安装位置，应确保当电动汽车停靠在停车位标称位置时，副边设备与原边设备的相对位置，满足条款6.1.2工作气隙和条款6.1.3偏移范围的要求。

6.1.8 活体保护

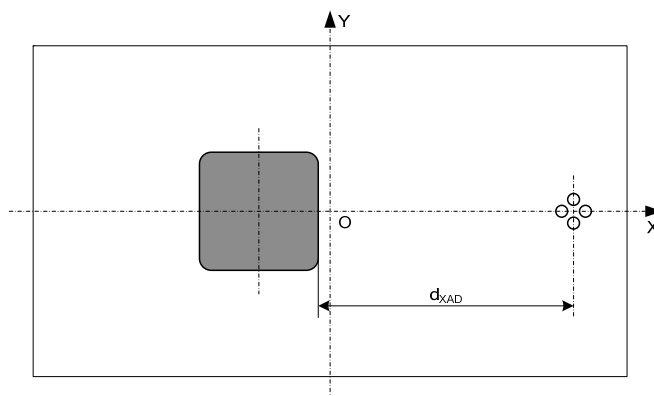
无线充电系统宜具有活体保护功能。若该功能在车载设备中实施，当活体保护装置检测到活体时，车载设备应通知地面设施停止充电。

6.1.9 异物检测

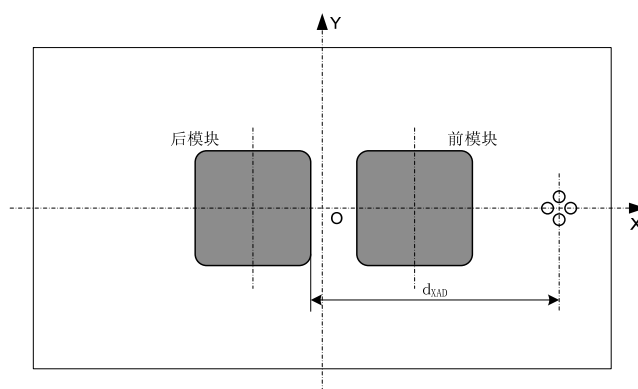
无线充电系统应具有异物检测功能。若该功能在车载设备中实施，当异物检测装置检测到异物时，车载设备应通知地面设施停止充电。

6.2 定位辅助设备接口要求

无线充电停车位应安装定位辅助设备，如图15。其中， d_{xAD} 为定位辅助设备安装距离。图15(a)为单模块的情况，图15(b)为两个较低功率等级模块前后并联构成较高功率等级模块的情况。如图15(b)的情况，定位辅助设备安装距离 d_{xAD} 为定位辅助设备中心到后端原边设备的距离。



(a) 单模块



(b) 两个模块前后并联

图15 无线充电停车位和定位辅助设备安装位置示意图

定位辅助设备的安装位置应满足表32的要求。

表32 定位辅助设备安装位置

| 功率等级 | 行驶方向/mm | 垂直于行驶方向/mm | d_{xAD} /mm |
|---------|---------|------------|---------------|
| MF-WPT1 | (注1) | 0 | (注2) |
| MF-WPT2 | (注1) | 0 | (注2) |
| MF-WPT3 | (注1) | 0 | (注2) |

注1：行驶方向的安装位置参考定位辅助设备距离确定。
注2：本版本不做规定。

7 安全要求

7.1 通信安全

7.1.1 安全框架

电动汽车无线充电系统网络是连接地面通信控制单元（CSU）、车载充电单元（IVU）和无线充电控制管理平台（WCCMS）的基础网络，其安全架构如图16。网元节点的安全以及通信接口的安全是电动汽车无线充电系统网络通信安全的必要保障。网元节点的安全主要是指节点设备的可靠可信；通信接口的安全主要是保障控制信令和充电数据的安全性，主要的通讯接口包括IVU和WCCMS之间的接口Wi，CSU与WCCMS之间的接口Wc，CSU和IVU之间的接口Ci。电动汽车无线充电系统网络可以划分为基础设施域，车载域和管理域。其中基础设施域和车载域均有可能处于无人值守的环境，因此设备的可靠性、可信性以及数据的安全性需要重点保障。

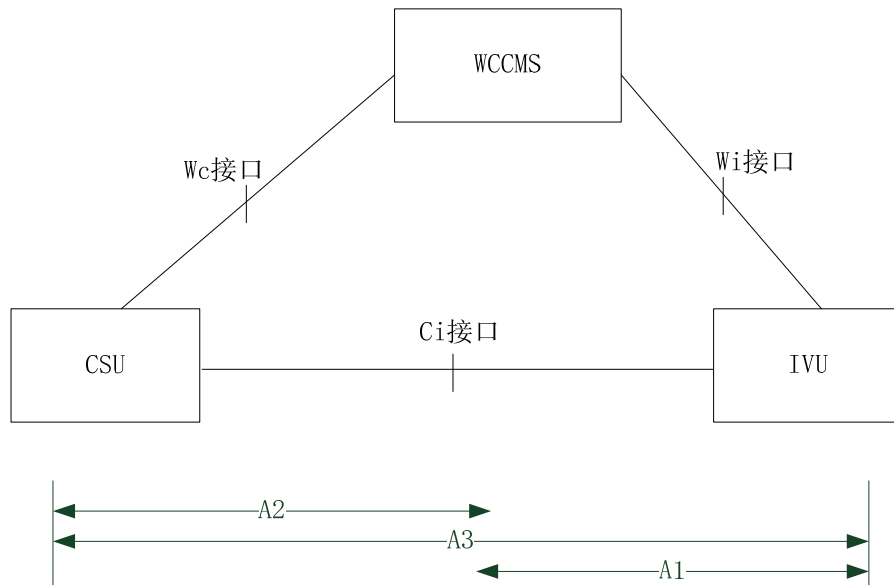


图16 电动汽车无线充电系统安全架构

该安全框架定义了三个类型的安全功能，每个类型的安全功能应对一定的安全威胁，达到既定的安全目标。

a) A1类型

IVU和充电用户接入WCCMS的安全，包括Wi接口的通信安全和IVU设备的可信接入。此安全功能保证IVU和充电用户安全接入业务，避免来自网络上的伪造、窃听、拒绝服务和重放等攻击；

b) A2类型

CSU接入WCCMS的安全，包括Wc接口的通信安全和CSU设备的可信接入。此安全功能保证CSU安全接入业务，避免来自网络上的伪造、窃听、拒绝服务和重放等攻击；

c) A3类型

IVU接入CSU的安全。此安全功能保证IVU和CSU之间Ci接口的控制信令和数据的可信性。

7.1.2 安全需求

7.1.2.1 A1安全需求

IVU设备完整性验证需求

IVU应支持对设备硬件系统、固件、系统软件和配置信息的完整性认证，以防止IVU被恶意篡改造成对车载充电系统的恶意破坏。

WCCMS应具备IVU的接入验证机制，以保证IVU的可信接入，如果IVU不能满足可信接入的需求，应能够采取必要的禁止访问或隔离的手段，并应具备相应的机制，引导被隔离的IVU进行安全性修补和升级；IVU的硬件和固件完整性应进行安全管理；硬件模块和固件的更新应以安全的方式进行保护。IVU的软件完整性应进行安全管理；软件的初始安装、更新都应以安全的方式进行保护。IVU的参数应进行安全管理；设备的参数配置应以安全的方式进行保护。IVU中存储的敏感数据应得到安全保护；比如密钥信息应以物理安全的方式进行管理。

IVU与WCCMS通信接口Wi的安全需求

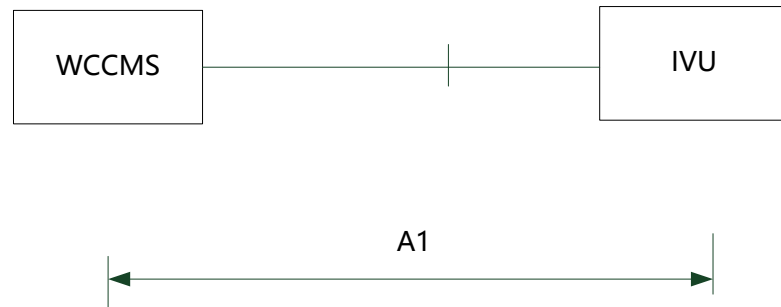


图17 A1安全

A1为WCCMS和IVU之间的安全，如图17。必须支持WCCMS对IVU的认证，IVU应支持对WCCMS的认证；WCCMS和IVU之间的通信必须支持消息机密性和完整性保护。WCCMS和IVU之间应支持设备和用户组合认证。

IVU和WCCMS之间使用传输层安全协议TLS进行IVU与WCCMS之间的认证和通信安全保护，其中：

- 1) TLS选用版本应当不低于V1.1（RFC4346）；
- 2) TLS应能使用IVU和WCCMS各自的证书进行双向认证，必须使用IVU证书实现WCCMS对IVU的认证；
- 3) IVU和WCCMS应该支持X.509V3数字证书的处理能力；
- 4) TLS应支持相应TLS版本所强制的算法套件；
- 5) TLS应至少支持下述密码套件：
 TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA；
- 6) WCCMS和IVU应支持TLS中定义的会话恢复。

A1安全还必须支持基于SIM卡的充电用户和WCCMS之间的双向认证。

WCCMS必须具有安全机制以检测IVU设备和SIM的绑定关系。

7.1.2.2 A2安全需求

CSU设备完整性验证需求

CSU应支持对设备硬件系统、固件和系统软件的完整性认证，以防止CSU被恶意篡改造成对充电系统的恶意破坏。

WCCMS应具备CSU的接入验证机制，以保证CSU的可信接入，如果CSU不能满足可信接入的需求，应能够采取必要的禁止访问或隔离的手段，并应具备相应的机制，引导被隔离的CSU进行安全性修补和升级；CSU的硬件和固件完整性应进行安全管理；硬件模块和固件的更新应以安全的方式进行保护。CSU的软件完整性应进行安全管理；软件的初始安装、更新都应以安全的方式进行保护。CSU的参数应进行安全管理；设备的参数配置应以安全的方式进行保护。CSU中存储的敏感数据应得到安全保护；比如密钥信息应以物理安全的方式进行管理。

CSU与WCCMS通信接口Wc的安全需求

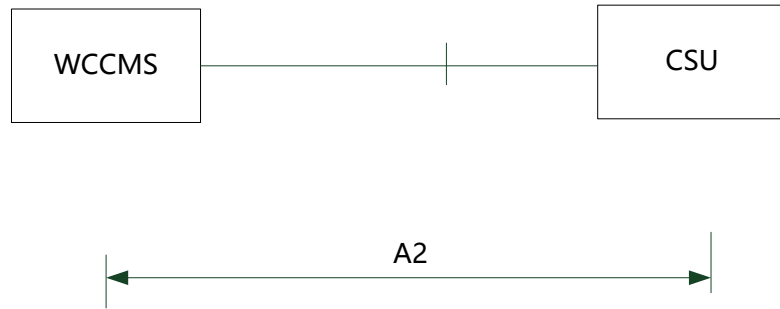


图18 A2安全

A2安全为WCCMS和CSU之间的Wc接口的安全,如图18,必须支持WCCMS对CSU的认证,CSU应支持对WCCMS的认证;WCCMS和CSU之间的通信必须支持消息机密性和完整性保护。WCCMS和CSU之间应支持设备和用户组合认证。

CSU和WCCMS之间使用传输层安全协议TLS进行CSU与WCCMS之间的认证和通信安全保护,其中:

- 1) TLS选用版本应当不低于V1.1 (RFC4346);
- 2) TLS应能使用CSU和WCCMS双向证书进行双向认证,必须使用CSU证书实现WCCMS对CSU的认证;
- 3) CSU和WCCMS应该支持X.509V3数字证书的处理能力;
- 4) TLS应支持相应TLS版本所强制的算法套件;
- 5) TLS应至少支持下述密码套件:

TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA;

- 6) WCCMS和CSU必须支持TLS中定义的会话恢复。

A2安全必须支持基于SIM卡的充电用户和WCCMS之间的双向认证。

WCCMS应具有安全机制以检测CSU设备和SIM的绑定关系。

7.1.2.3 A3安全需求

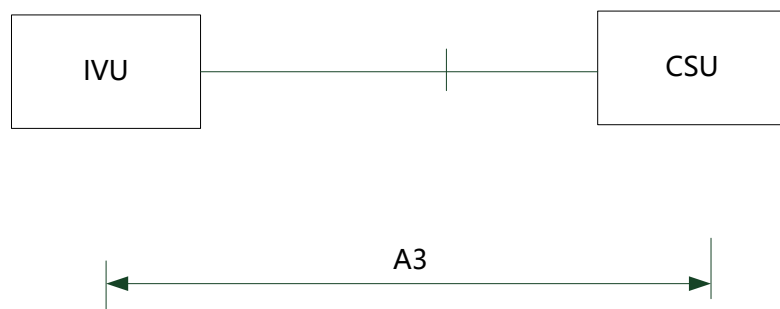


图19 A3安全

A3安全指的是CSU和IVU之间的通讯接口Ci的安全,如图19,CSU和IVU需要支持双向认证,之间传输的控制信令需要机密性、完整性和数据源认证,之间传输的数据可进行完整性保护和数据源认证。

IVU和CSU之间使用TLS保证控制信令的安全,其中:

- 1) IVU和CSU必须使用各自的数字证书进行双向认证;
- 2) IVU和CSU应该支持X.509V3数字证书的处理能力;
- 3) TLS版本不低于V1.1 (RFC4346);

- 4) TLS除了应当支持相应TLS版本所强制的算法套件，还应当额外支持市场上广泛部署的密码套件：
TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA;
- 5) IVU和CSU必须支持TLS中定义的会话恢复。

7.1.3 安全技术要求

7.1.3.1 A1/A2安全技术要求

7.1.3.1.1 CSU (IVU) 设备完整性验证流程

为了保证CSU和IVU的设备可信，需要提供非易失性的可信环境用于存储设备的硬件、固件、软件和配置信息的验证信息，如图20。

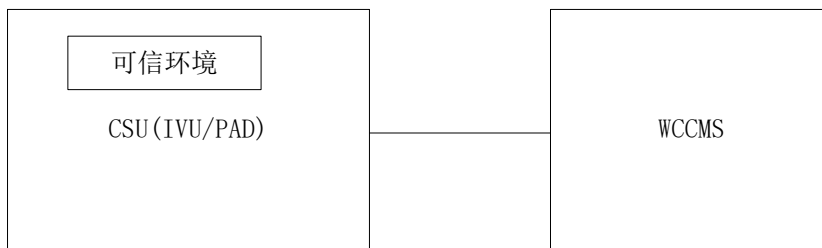


图20 可信环境

设备的完整性验证可以采用基于数字证书的非对称密钥设备完整性管理方法，其流程如图21。

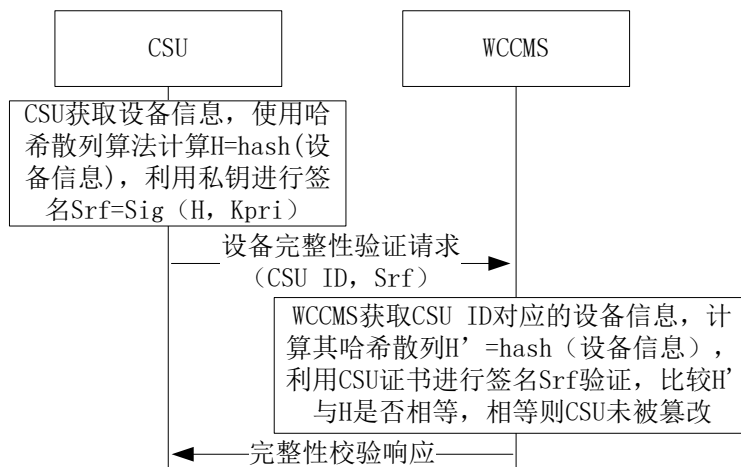


图21 设备完整性验证流程图

CSU 和 IVU 获取设备信息，包括硬件、固件和软件等信息，使用哈希散列算法计算设备信息的哈希值，利用 CSU 和 IVU 私钥对其签名；

CSU 和 IVU 向 WCCMS 发送设备完整性请求，携带 CSU 和 IVU 标识，签名的设备信息；

WCCMS 获取 CSU 和 IVU 标识对应的设备信息，计算其哈希值，使用 CSU 和 IVU 数字证书对接收到的来自 CSU 和 IVU 设备的设备信息签名进行验证，比较 WCCMS 计算的设备信息哈希值与接收到的设备信息哈希值的一致性，如果相等则表明 CSU 和 IVU 设备未被篡改；

WCCMS 向 CSU 和 IVU 返回完整性校验响应。

7.1.3.1.2 基本认证流程

基本认证流程如图22。

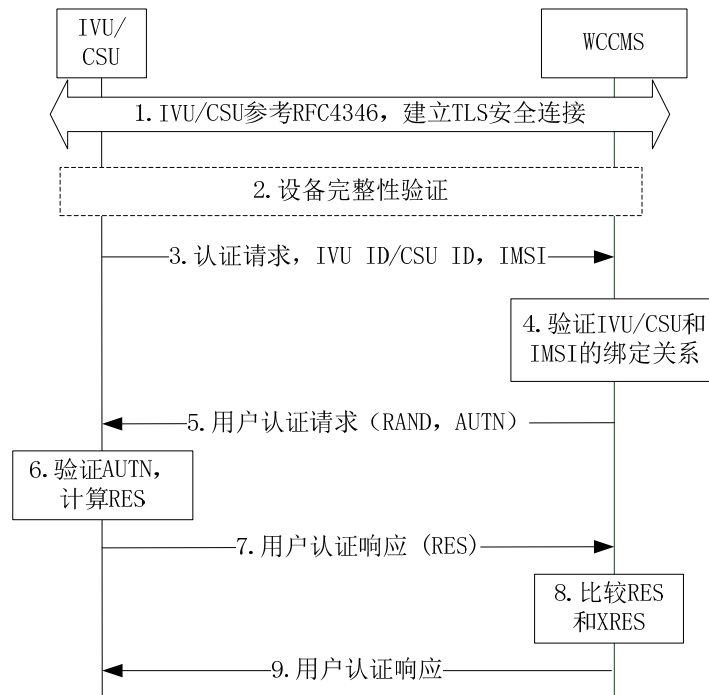


图22 基本认证流程图

IVU/CSU 参考 RFC4346，建立 TLS 安全连接。基于 TLS 协议，IVU/CSU 和 WCCMS 之间协商 TLS 版本和密码套件等握手信息，WCCMS 必须使用 IVU/CSU 数字证书认证 IVU/CSU，WCCMS 和 IVU/CSU 协商产生会话密钥。由此完成加密隧道的建立；

可选地，IVU/CSU 进行设备完整性验证，

IVU/CSU 向 WCCMS 发起用户认证请求，参数包括 IVU/CSU ID 和 IMSI，如果步骤 2 未进行设备完整性验证，则可选携带 IVU/CSU 计算的设备完整性验证签名作为认证请求参数；

WCCMS 验证 IVU/CSU 和 IMSI 的绑定关系，可选的，如果接收到设备完整性验证签名，则进行设备完整性验证；

WCCMS 根据 IVU/CSU 的 IMSI 生成认证向量(AV)，认证向量 AV 是一个三元组，即(RAND, AUTN, XRES)，生成认证向量的流程参看附录 B；取认证向量中的 RAND 和 AUTN，作为参数将用户认证请求消息发送给 IVU/CSU；

IVU/CSU 验证 AUTN，完成对网络的认证，并计算 RES；

如 AUTN 验证成功，IVU/CSU 向 WCCMS 返回用户认证响应，参数为 RES；

WCCMS 验证 RES 和 XRES 的一致性；

如验证成功，WCCMS 向 IVU/CSU 发送用户认证响应。

7.1.3.1.3 认证流程，并验证车，SIM和设备的绑定

验证车，SIM和设备绑定的认证流程如图23。

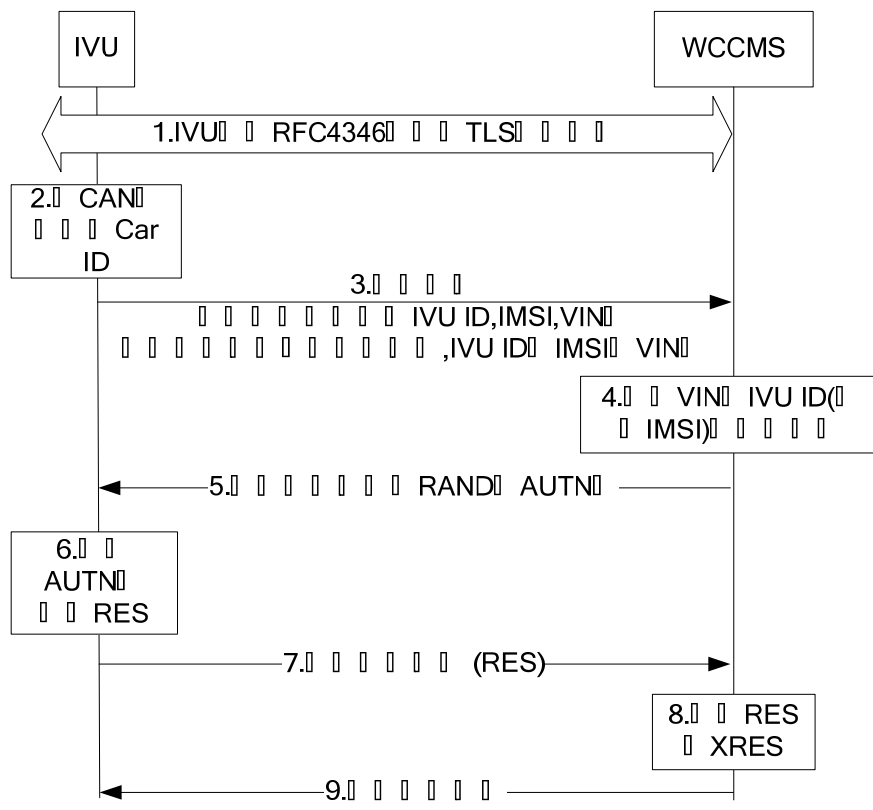


图23 验证车，SIM和设备绑定的认证流程图

IVU 参考 RFC4346，建立 TLS 安全连接。基于 TLS 协议，IVU 和 WCCMS 之间协商 TLS 版本和密码套件等握手信息，WCCMS 必须使用 IVU 数字证书认证 IVU，WCCMS 和 IVU 协商产生会话密钥。由此完成加密隧道的建立；

IVU 从 CAN 总线获取车架号 VIN，并且与 IVU ID 或 IMSI 生成签名认证值；

IVU 向 WCCMS 发起认证请求，采用简单校验方式，参数包括 IVU ID、IMSI 和 VIN；采用签名校验方式，参数包括签名认证值，和 IVU ID、IMSI 或 VIN 中的一个；

WCCMS 验证 VIN 和 IVU ID（或者 IMSI）的绑定关系；或者，通过签名认证值验证 VIN 和 IVU ID（或者 IMSI）的绑定关系；

步骤 5-9 与 7.1.3.1.2 中的步骤 5-9 相同。

7.1.3.2 A3安全技术要求

7.1.3.2.1 A3控制信令接口安全技术要求

IVU接入CSU的认证流程如图24。



图24 IVU接入CSU的认证流程图

IVU/CSU参考RFC4346，建立TLS安全通道，以保证IVU和CSU之间传输的控制信令的安全性。

IVU和CSU使用各自的证书进行双向认证，基于TLS握手协议协商IVU和CSU之间使用的密码算法套件和会话密钥，建立安全通道。

7.1.3.2.2 A3数据接口安全技术要求

为了保证Ci接口数据的实时传输，数据可采用基于密钥相关的哈希运算消息认证码HMAC进行完整性保护和数据源认证保护。

7.2 电气安全

7.2.1 铭牌和标识

铭牌上至少应标明：产品名称、产品型号、额定输入输出电压（或电压范围）、额定输入输出电流、额定工作频率（或频率范围）、认证标识、制造商名称或商标，生产日期等信息。

无线充电系统设备应在醒目位置设置警示标识，包括但不限于：接地标识、大漏电流警示标识、高压危险警示标识等。

7.2.2 绝缘电阻

用开路电压为表33中规定的电压等级的测试仪器测量，无线充电系统非电气连接的各带电回路之间、各独立带电回路与地（金属外壳）之间绝缘电阻不应小于10MΩ。

表33 绝缘电阻测试仪器的电压等级

| 额定绝缘电压 U_i /V | 绝缘电阻测试仪器的电压等级/V |
|----------------------|-----------------|
| ≤ 60 | 250 |
| $60 < U_i \leq 300$ | 500 |
| $300 < U_i \leq 700$ | 1000 |
| $700 < U_i \leq 950$ | 1000 |

7.2.3 耐电压试验

无线充电系统非电气连接的各带电回路之间、各独立带电回路与地（金属外壳）之间，按其工作电压应能承受表34所规定历时1min的工频耐电压试验，试验过程中应无绝缘击穿和飞弧现象。

表34 耐电压试验的试验电压等级

| 额定绝缘电压 U_i /V | 耐电压试验电压 |
|----------------------|--|
| ≤ 60 | DC 1.4kV / AC 1.0kV |
| $60 < U_i \leq 300$ | DC 2.8kV / AC 2.0kV |
| $300 < U_i \leq 700$ | DC 3.36kV / AC 2.4kV |
| $700 < U_i \leq 950$ | DC 2.8 U_i +1400 V/ AC 2 U_i +1000 V |

7.2.4 冲击耐压

无线充电系统各带电回路之间、各带电回路与地（金属外壳）之间，按其工作电压应能承受表所规

定标准雷击波的短时冲击电压试验。试验过程中应无击穿放电。

表35 冲击耐压试验的试验电压等级

| 额定绝缘电压 U_i/V | 冲击耐压试验电压 |
|----------------------|--------------|
| ≤ 60 | 1 kV |
| $60 < U_i \leq 300$ | ± 2.5 kV |
| $300 < U_i \leq 700$ | ± 6 kV |
| $700 < U_i \leq 950$ | ± 6 kV |

7.2.5 接触电阻

7.2.5.1 接地电阻

无线充电系统控制柜保护连接导体接地连续性应满足如下要求：

- 额定电流小于或等于16A时，保护连接导体的阻值不能超过0.1 Ω ，试验后保护连接导体不能损坏；
- 额定电流大于16A时，保护连接导体的压降不能超过2.5V，试验后保护连接导体不能损坏。

7.2.5.2 等电位连续性

无线充电系统车载设备等电位连续性应满足如下要求：

- 额定电流小于或等于16A时，任意两点之间的阻值不能超过0.1 Ω ，试验后产品不能损坏；
- 额定电流大于16A时，任意两点之间的压降不能超过2.5V，试验后产品不能损坏。

7.2.6 接触电流和保护导体电流

无线充电系统控制柜的输入火线、零线对保护地（PE）的接触电流应不大于3.5 mA。

当接触电流大于3.5mA时，接触电流有效值不应超过每相输入额定电流值的5%，控制柜保护接地导线的截面积不应小于1.0mm²，且在靠近设备的交流电源连接端处，应设置标有警告语或类似词语的标识。

7.2.7 设备内电容器的放电

无线充电系统设备在设计上应当保证，在电网电源外部断接后，满足IPXXB防护等级；或者，在电网电源外部断接后1s，在人员可触及的导电部分之间或任何导电部分和保护导体之间的电压应该不大于60 Vdc或者存储的能量应小于0.2J。

7.2.8 爬电距离和电气间隙

无线充电系统地面设备的电气间隙和爬电距离应满足表36规定的要求。

表36 无线充电系统地面设备的电气间隙和爬电距离要求

| 额定绝缘电压/V | 电气间隙/mm | 爬电距离/mm |
|----------------------|---------|---------|
| $U_i \leq 60$ | 3.0 | 3.0 |
| $60 < U_i \leq 300$ | 5.0 | 6.0 |
| $300 < U_i \leq 700$ | 8.0 | 10.0 |
| $700 < U_i \leq 950$ | 14.0 | 20.0 |

注1：当主电路与控制电路或辅助电路的额定绝缘电压不一致时，其电气间隙和爬电距离可分别按其额定值选取。

注2：具有不同额定值主电路或控制电路导电部分之间的电气间隙与爬电距离，应按最高额定绝缘电压选取。

注3：小母线、汇流排或不同级的裸露的带电导体之间，以及裸露的带电导体与未经绝缘的不带电导体之间的电气间隙不小于12 mm，爬电距离不小于20mm。

无线充电系统车载设备的电气间隙和爬电距离应满足表37规定的要求。

表37 无线充电系统车载设备的电气间隙和爬电距离要求

| 额定绝缘电压/V | | 额定电流≤63A | | 额定电流>63A | |
|-----------|-----------|----------|---------|----------|---------|
| 交流 | 直流 | 电气间隙/mm | 爬电距离/mm | 电气间隙/mm | 爬电距离/mm |
| ≤60 | ≤75 | 2 | 3 | 3 | 4 |
| >60~250 | >75~300 | 3 | 4 | 5 | 8 |
| >250~380 | >300~450 | 4 | 6 | 6 | 10 |
| >380~500 | >450~600 | 6 | 10 | 8 | 12 |
| >500~660 | >600~700 | 6 | 12 | 8 | 14 |
| >660~750 | >700~800 | 10 | 14 | 10 | 20 |
| >750~1140 | >800~1200 | 14 | 20 | 14 | 28 |

注1：表中所列电压和电流均为交流方均根值或直流值
注2：作为装置组成部件的电器元件及单元，其电气间隙和爬电距离应符合相应标准规定。

7.3 安全试验要求

7.3.1 铭牌标识耐久性试验

产品上与安全有关的标识，例如铭牌、警告标签、保护地标识、开关标识等，用蘸水的棉布擦拭标记15秒，然后用蘸汽油的棉布擦拭标记15秒，擦拭力不低于5牛顿。经过擦拭后，标记应清晰可辨，不可掉色，不可轻易被揭掉，不应出现卷边。

7.3.2 绝缘电阻试验

a) 地面设备：

输入对地（机壳）、输出对地（机壳）绝缘电阻试验：试验电压按表33中规定，试验时间1min，绝缘阻抗不低于10 MΩ；

b) 车载设备：

输入对机壳、输出对机壳绝缘电阻试验：试验电压按表33中规定，试验时间1min，绝缘阻抗不低于10 MΩ。

7.3.3 耐电压试验

a) 地面设备：

1) 输入对地（机壳）、输出对地（机壳）耐压试验：试验电压按照7.2.3表中规定，试验时间1min，试验过程中无绝缘击穿和飞弧现象；

2) 输入对通讯端口、输出对通讯端口 耐压试验：试验电压按照7.2.3表中规定，试验时间1min，试验过程中无绝缘击穿和飞弧现象。

b) 车载设备：

1) 输入对地（机壳）、输出对地（机壳）耐压试验：试验电压按照7.2.3表中规定，试验时间1min，试验过程中无绝缘击穿和飞弧现象；

2)输入对通讯端口、输出对通讯端口 耐压试验: 试验电压按照7.2.3表中规定, 试验时间1min, 试验过程中无绝缘击穿和飞弧现象。

7.3.4 冲击耐压试验

在无线充电系统的控制柜非电气连接的各带电回路之间、各独立带电回路与地(金属外壳)之间按表92规定施加3次正极性和3次负极性标准雷电波的短时冲击电压, 每次间隙不小于5s, 脉冲波形 $1.2/50\mu\text{s}$, 电源阻抗 500Ω , 试验时其他回路和外露的导电部分接地, 试验过程中, 试验部位不应出现击穿放电, 允许出现不导致损坏绝缘的闪络。如果出现闪络, 则应复查介电强度, 介电强度试验电压为规定值的75%。

7.3.5 接触电阻试验

选择无线充电系统输入接地端为一测试点, 在远离输入接地端为另一测试点; 在两个测试点间通过2倍的输入额定电流, 用电压表测量该两点间的电压降, 计算两点间的电阻。

- a) 如果待测电路额定电流小于或等于16A时, 测试电流是待测电路额定电流的2倍, 试验时间为2min;
- b) 如果待测电路额定电流大于16A, 测试电流为待测电路额定电流的2倍, 试验时间参照GB 4943.1-2011表2E的要求。

7.3.6 接触电流试验

在无线充电系统正常工作时, 用接触电流测试仪器(模拟人体阻抗)进行试验, 测试每根输入火线、零线与保护地线的泄漏电流值。

注: 试验前电网输入与无线充电系统控制柜之间需要加入一个隔离变压器设备, 其输出容量需要大于无线充电系统工作时的输出功率。

7.3.7 设备内电容器的放电试验

无线充电系统正常工作时, 从设备外部连接端子断开后开始计时, 人员可触及的导电部分之间或任何导电部分和保护导体之间的电压降低至60Vdc或者存储的能量降低至0.2J时停止计时, 这段时间即为放电时间, 放电时间要求不超过1s。

或者, 检查设备外部连接处断开后的连接端子, 若能满足IPXXB防护等级, 则不需要进行放电时间的试验。

7.4 机械安全

7.4.1 一般要求

WPT地面设备采用的材料应能承受机械、电气、热和环境应力, 可在指定的环境条件下运行。

经过如下的每个试验之后, WPT系统应能在标称电压下输出最大功率。

通过以下试验来检验是否合格:

- a) IP等级不受影响;
- b) 门可正常操作使用, 锁点不受损;
- c) 试验期间电气间隙保持令人满意的状态;
- d) 对于有金属外壳的无线充电设备, 永久或暂时的扭曲变形不会导致带电部件和外壳之间发生接触;
- e) 不允许性能降低。

有绝缘材料外壳的无线充电设备在满足以上条件的情况下, 小凹痕、小程度的表面开裂或剥落损伤可以忽略, 只要裂缝没有危害到无线充电设备的正常使用。

7.4.2 稳定性/机械冲击

7.4.2.1 限制访问的位置

外壳能抵抗的最小机械冲击程度应为IK07，参考GB/T 20138。
通过检查、测量和实验来检验是否合格。

7.4.2.2 不受限制访问的位置

在非限制区的设备外壳的机械性能应符合GB/T 7251.5-2008中8.2.101的试验要求。

对壁挂式设备，最小机械冲击保护等级应为IK08。

对地面安装设备，最小机械冲击保护等级应为IK10。

试验后，不允许性能降低。

通过以下试验确认是否合格：

- a) IP 等级不受影响；
- b) 门可正常操作使用，锁点不受损；
- c) 试验期间电气间隙保持令人满意的状态；
- d) 对于有金属外壳的无线充电设备，永久或暂时的扭曲变形不会导致带电部件和外壳之间发生接触。

有绝缘材料外壳的无线充电设备在满足以上条件的情况下，小凹痕、小程度的表面开裂或剥落损伤可以忽略，只要裂缝没有危害到无线充电设备的正常使用。

7.4.2.3 车辆过载驱动

车辆承重过载驱动能力必须由制造商在操作手册中说明。

7.4.3 机械负荷

7.4.3.1 总体要求

非车载无线充电设备，无论墙挂式或地面安装，均应按制造商的安装说明固定。500N的力应在非车载无线充电设备的顶部水平四个方向上或者最坏的水平方向上施加5分钟。非车载无线充电设备不应产生比如下更严重的损坏或形变：

- e) 50 毫米，加载负荷时；
- f) 10 毫米，加载负荷后。

7.4.3.2 静态负荷

地面安装的设备应符合GB/T 7251.5-2008中8.2.101.1的试验要求。
壁挂设备不做此试验。

7.4.3.3 冲击负荷

地面安装的设备应符合GB/T 7251.5-2008中8.2.101.2的试验要求。
壁挂设备不做此试验。

7.4.3.4 扭曲应力

地面安装的设备应符合GB/T 7251.5-2008中8.2.101.3的试验要求。
壁挂设备不做此试验。

7.4.3.5 门的强度

地面安装的设备应符合GB/T 7251.5-2008中10.2.101.3的试验要求。
壁挂设备不做此试验。

7.4.3.6 锋利物体引起的机械冲击力

室外地面安装的设备应符合GB/T 7251.5-2008中8.2.101.5的试验要求。
壁挂设备不做此试验。

7.4.4 材料和部件强度

7.4.4.1 防腐蚀保护

正常使用的情况下，应通过使用合适的材料或针对裸露表面的保护层以确保防腐蚀保护。
实验样本应是新的，处于符合GB 7251.1-2013中10.2.2.1的测试程序所规定的清洁状态，且：

- a) 室内设备的严格试验A，详见 GB 7251.1-2013 中 10.2.2.2；
- b) 室内设备的严格试验B，详见 GB 7251.1-2013 中 10.2.2.3。

通过 GB 7251.1-2013中10.2.2.1，10.2.2.4实验，和10.2.2.2（室内）或10.2.2.3（室外）实验，
检验是否合格。

7.4.4.2 检验标准

7.4.4.1规定的检验后，外壳或样品应在自来水中冲洗5分钟，在蒸馏或去矿物质水中漂洗，然后甩干或风干。待测样品随后在正常使用环境下存放2小时。

通过视觉检查以下条件是否合格：

- a) 没有超过 GB/T 30789.3 锈蚀等级 Ri1 的铁氧化物、开裂或其它更严重恶化情况。涂料和清漆方面，应参考 GB/T 30789.3 确认样品符合样本 Ri1；
- b) 机械完整性不受损害；
- c) 密封性未被损坏；
- d) 门、铰链、门锁和紧固件无异常。

7.4.5 环境条件

无线充电系统的设计应当能够耐受正常的汽车溶剂和液体、振动与冲击影响，符合材料的可燃性标准要求和其它适当的应用条件要求。

7.4.6 绝缘材料

7.4.6.1 外壳热稳定性

用绝缘材料制造的外壳，其热稳定性应符合GB 7251.1中的干热试验规定。
通过GB 7251.1-2013中10.2.3.1规定的检查、实验来检验是否合格。

7.4.6.2 抗火（灼热丝）

绝缘材料的裸露部分、带电部件的绝缘部分应耐高温和火。

外部导体不应被视为载流部件。

在有疑问的情况下，有必要确定绝缘材料是否保留载流部件和接地电路是否接地。设备在有问题的绝缘材料被移除、导体处于正常工作位置的情况下进行检查。

如下部件所使用的材料的适用性，需要通过灼热丝试验进行验证：

- g) 装配组件, 或
- h) 来自装配组件的零件。

试验应在a)或b)的材料最薄部分进行试验。

灼热丝尖端温度要求为:

- a) 960°C, 如果必须保留载流部件;
- b) 850°C, 对于安装在空心墙的外壳;
- c) 650°C, 对于所有其他部件, 包括必须保留保护导体的部件。

这个尖端温度适用于平坦的表面, 不适用于凹陷、凸起、窄槽或尖锐的边缘, 如果可能, 离配件边缘不小于9毫米。

该试验针对一个样本, 若对试验结果有疑问, 重新测试两个标本。

如下情况下, 部件被认为通过了灼热丝试验:

- i) 没有可见的火焰和无持续发光, 或者
- j) 火焰或标本的灼热发光现象或周边物体的灼热发光现象在灼热丝移除后 30 秒内消失, 并且周边部件没有被完全烧毁。不应引发纸张的持续燃烧。

制造商可以以绝缘材料供应商所提供的数据证明材料的适用性符合如上试验要求。

7.4.6.3 球压试验

根据GB/T 5169.21的要求, 对需要进行球压实验的绝缘材料进行球压试验。

该试验在加热柜中进行, 其温度:

- a) 125±5°C, 含带电体的部件;
- b) 80±5°C, 其它部件。

对于会产生形变的材料, 其直径不应超过2毫米。该试验不应在陶瓷材料上进行。

7.4.6.4 爬电电阻

带电部件的绝缘材料应有爬电电阻。

除了陶瓷材料, 通过符合GB/T 4207的试验来检验是否合格, 并采用以下参数:

- a) PTI 试验;
- b) 方案 a;
- c) 电压 175 伏。

在达到50次试验之前(在总共滴答50滴之前), 不应出现闪络或电极击穿现象。

7.4.6.5 抗紫外线辐射

本试验仅适用于室外设备的机壳和其它外部部件, 且机壳或外部部件由合成材料或涂有合成材料的金属构成。

这些部件的样本应按GB 7251.1-2013中10.2.4的规定进行试验。

7.5 雷击安全

7.5.1 雷击冲击电流

无线充电系统地面设备的交流输入电源线路浪涌保护器的冲击电流和标称放电电流值应符合表38规定的C级要求。

表38电源线路的浪涌保护器的冲击电流和标称放电电流参数推荐值

| | | | |
|---|------|------|---------------------|
| 雷 | 总配电箱 | 分配电箱 | 设备机房配电箱和需要特殊保护的电子信息 |
|---|------|------|---------------------|

| 电 防 护 等 级 | LPZ0与LPZ1边界 | | LPZ1与LPZ2边界 | 设备端口处 后续防护区的边界 | |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|
| | 10/350 μ s I类试验 | 8/20 μ s II类试验 | 8/20 μ s II类试验 | 8/20 μ s II类试验 | 1.2/50 μ s和8/20 μ s 复合波III类试验 |
| | I _{imp} /kA | I _n /kA | I _n /kA | I _n /kA | U _{oc} /I _{sc} / kV / kA |
| A | ≥20 | ≥80 | ≥40 | ≥5 | ≥10 / ≥5 |
| B | ≥15 | ≥60 | ≥30 | ≥5 | ≥10 / ≥5 |
| C | ≥12.5 | ≥50 | ≥20 | ≥3 | ≥6 / ≥3 |
| D | ≥12.5 | ≥50 | ≥10 | ≥3 | ≥6 / ≥3 |

注：SPD分级应根据保护距离、SPD连接导线长度、被保护设备耐冲击电压额定值 U_w 等因素确定。

7.5.2 雷击冲击电流试验要求

参考标准：GB 50343

试验等级：C级防雷：20 kA冲击电流；冲击电流波形：1.2/50 μ s+8/20 μ s混合波

试验方法：在雷击实验室进行，将浪涌电流回路分别连接到L-N、L-PE和N-PE中进行雷击冲击电流测试。

试验限值：符合C级（20 kA）冲击电流要求。

7.6 电磁场辐射

7.6.1 电磁场暴露参考限值

无线充电系统电磁场辐射值应符合ICNIRP 2010标准规定的公众暴露参考限值，如表39所示。

表39时变电场和磁场公众暴露的参考限值（未畸变有效值）

| 频率范围 | 电场强度E/ kV/m | 磁场强度H/ A/m | 磁通密度B/ T |
|--------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1 Hz~8 Hz | 5 | $3.2 \times 10^4 / f^2$ | $4 \times 10^{-2} / f^2$ |
| 8 Hz~25 Hz | 5 | $4 \times 10^3 / f$ | $5 \times 10^{-3} / f$ |
| 25 Hz~50 Hz | 5 | 1.6×10^2 | 2×10^{-4} |
| 50 Hz~400 Hz | $2.5 \times 10^2 / f$ | 1.6×10^2 | 2×10^{-4} |
| 400 Hz~3 kHz | $2.5 \times 10^2 / f$ | $6.4 \times 10^4 / f$ | $8 \times 10^{-2} / f$ |
| 3 kHz~10 MHz | 8.3×10^{-2} | 21 | 2.7×10^{-5} |

注1：f取频率单位为Hz时的频率数值。

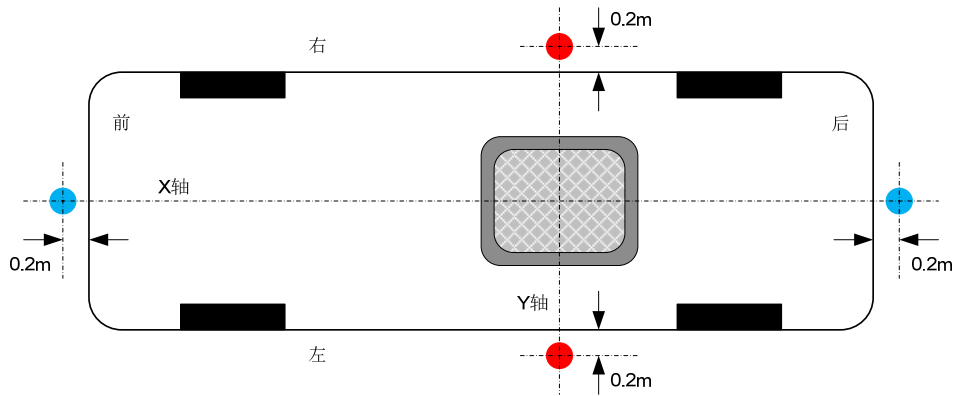
7.6.2 电磁场辐射试验要求

7.6.2.1 保护区域

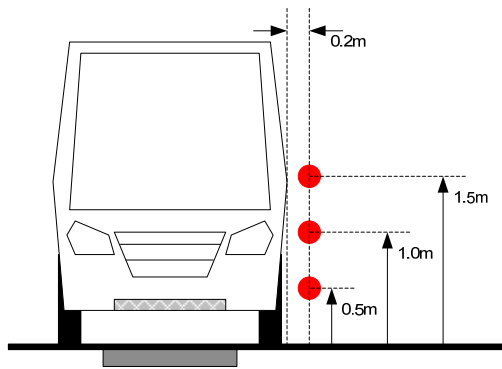
保护区域的定义见第5.7.8条。

7.6.2.2 测量点位置示意图

原边设备和副边设备应对齐。车前、车后、车左和车右的测量点距离车体表面为0.2m。如图25所示。



(a) 俯视图



(b) 正视图

图25 测量点示例

7.6.2.3 电磁场辐射测试说明

电磁场辐射测试需要进行下面两种条件下的电磁场曝露值测试：

- a) 电动汽车正常摆放位置（变压器无偏移）；
- b) 电动汽车在最大偏移（X轴/Y轴最大偏移）条件下测试。

车外、车内测试选取点如表40。

表40测试选取点

| 大巴车 车内 | | 乘用车/商务车 车内 | |
|----------|-------|------------|-------|
| 前面（司机位置） | 左、中、右 | 司机位置 | 左、右 |
| 车前门位置 | 左、中、右 | 后排位置 | 左、右 |
| 车后门位置 | 左、中、右 | 最后排位置（7座） | 左、右 |
| 车尾位置 | 左、中、右 | | |
| 大巴车 车外 | | 乘用车/商务车 车外 | |
| 车头前方 | 左、中、右 | 车头前方 | 左、中、右 |

| | | | |
|-------|-------|------|-------|
| 车前门位置 | 左、右 | 前门位置 | 左、右 |
| 车后门位置 | 左、右 | 后门位置 | 左、右 |
| 车尾位置 | 左、中、右 | 车尾位置 | 左、中、右 |

