

团 体 标 准

T/ITS XXXX—2020

中小型客车自动驾驶 无线充电技术要求

Technical requirements of wireless power transfer for automated driving micro buses

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2021 年 8 月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X- XX- XX 发布

202X – XX-XX 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目录

前 言.....II

1. 范围.....1

2. 规范性引用文件.....1

3. 术语和定义.....2

4. 分类.....5

5. 一般要求.....6

6. 性能要求.....8

7. 功能要求.....11

8. 安全要求.....13

9. 互操作性要求.....16

10. 测试方法.....16

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

中小型客车自动驾驶无线充电技术要求

1. 范围

本文件规定了中小型客车自动驾驶无线充电的技术要求，包括性能要求、安全要求、互操作性要求以及测试要求。

本文件适用于交流输入标称电压最大值为1000V，直流标称电压最大值为1500V的静态磁耦合无线充电设备。

2. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 4943.1-2011	信息技术设备 安全 第1部分：通用要求
GB 7251.1-2013	低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
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 4208-2017	外壳防护等级(IP代码)
GB/T 12113	接触电流和保护导体电流的测量方法
GB/T 14048.2	低压开关设备和控制设备 第2部分：断路器
GB/T 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/T 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 30789.2	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：起泡等级的评定
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/T 30789.4 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：开裂等级的评定

GB/T 30789.35 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：剥落等级的评定

GB/T 38775.1-2020 电动汽车无线充电系统 第1部分：通用要求

GB/T 38775.3-2020 电动汽车无线充电系统 第3部分：特殊要求

GB/T 38775.4-2020 电动汽车无线充电系统 第4部分：电磁环境限值与测试方法

GB/T 38775.6-2021 电动汽车无线充电系统 第6部分：互操作性要求及测试方法 地面端

GB/T 38775.7-2021 电动汽车无线充电系统 第7部分：互操作性要求及测试方法 车辆端

QC/T 413 汽车电气设备基本技术条件

3. 术语和定义

3.1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1.

静态磁耦合无线充电 stationary magnetic field wireless power transfer (MF-WPT)

以磁场为介质，通过磁耦合方式从电源向电力负载进行无线电能传输的充电方式，电源和电力负载的物理位置为静止状态。

3.1.2.

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。

3.1.3.

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。

3.1.4.

电动汽车无线充电 electric vehicle wireless power transfer

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.

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。

3.1.10.

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。

3.1.11.

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。

3.1.12.

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。

3.1.13.

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。

3.1.14.

系统频率 system frequency

无线充电系统进行功率传输的频率范围。

3.1.15.

标称频率 nominal frequency

系统设计的工作频率。对于可调频率系统，当原边设备、副边设备对齐且所有部件都以设计参数稳定工作时，系统将工作于标称频率。

3.1.16.

副边设备离地间隙 secondary device ground clearance

副边设备下表面与地面之间的最小垂直距离。

注：副边设备下表面可能为非平面结构，副边设备也可能为非垂直地面安装。

3.1.17.

自动充电方式 automatic charging mode

在充电过程中，无线充电系统依据电动汽车提供的数据动态调整充电参数、执行相应操作，完成充电过程。

3.2. 缩略语

下列缩略语适用于本文件

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

EV：电动汽车（Electric Vehicle）

IVU：车载通信控制单元（In-Vehicle Unit）

PFC：功率因数校正（Power Factor Correction）

PPC：功率接收控制器（Power Pick-up Controller）

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

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

WPT：无线电能传输（Wireless Power Transfer）

4. 分类

4.1. 输入功率等级分类

磁耦合电动汽车无线充电系统的输入功率等级分类见表 1：

表 1 输入功率等级分类

类别	MF-WPT1	MF-WPT2	MF-WPT3	MF-WPT4	MF-WPT5	MF-WPT6	MF-WPT7
功率范围(kW)	$P \leq 3.7$	$3.7 < P \leq 7.7$	$7.7 < P \leq 11.1$	$11.1 < P \leq 22$	$22 < P \leq 33$	$33 < P \leq 66$	$P > 66$
注：MF-WPT3、MF-WPT4、MF-WPT5、MF-WPT6、MF-WPT7系统不适用于单相电输入。							

4.2. 设备应用场景分类

根据应用场景的不同，将 MF-WPT 系统的地面设备分为 A 类和 B 类，具体分类如下：

—— A 类：A 类 MF-WPT 系统设备应满足系统性能和系统安全性的要求，A 类地面设备应满足与 GB/T 38775.7 中附录 A 的车载参考设备的互操作性，A 类车载设备应满足与 GB/T 38775.6 中附录 A 的地面参考设备的互操作性。

—— B 类：B 类 MF-WPT 系统设备应满足系统性能和系统安全性的要求，B 类地面设备可不满足与 GB/T 38775.7 中附录 A 的车载参考设备的互操作性，B 类车载设备可不满足与 GB/T 38775.6 中附录 A 的地面参考设备的互操作性。

注1：B类地面设备可与设备制造商指定的车载设备构成MF-WPT系统进行系统性能及系统安全性测试。

注2：B类车载设备可与设备制造商制定的地面设备构成MF-WPT系统进行系统性能及系统安全性测试。

注3：系统性能包括系统效率、输出功率、功率因数、对准容忍区域等。

注4：系统安全性包括电击防护、过载保护和短路承受、温升和防止过热、机械事故防护、电磁环境限值等。

4.3. 离地间隙分类

MF-WPT系统副边设备的离地间隙应满足表2所示要求。

表 2 离地间隙

类型	离地间隙 mm
Z1	100~150
Z2	140~210
Z3	170~250
Z4	≥ 250

对于 A 类 MF-WPT 系统，地面设备支持的离地间隙分类应满足其可支持的副边设备的离地间隙范围，具体见表 3 的规定。

表 3 A 类 MF-WPT 系统地面设备支持的离地间隙类型

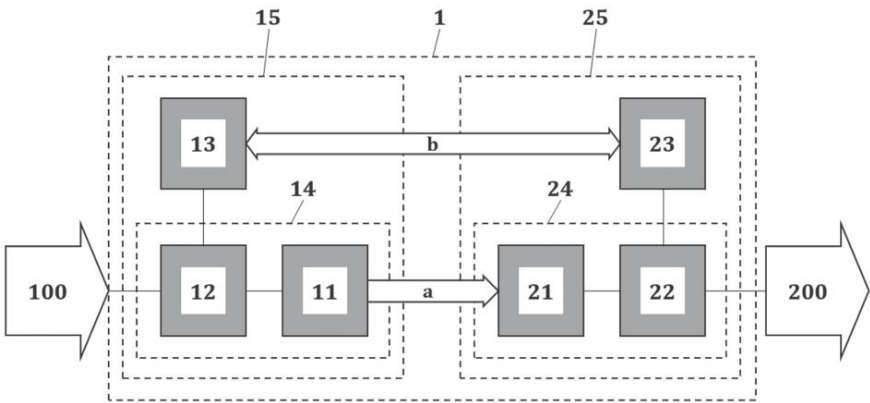
离地间隙类型	支持的副边设备离地间隙范围
Z1	100-150mm
Z2	100-210mm
Z3	100-250mm
Z4	-

注：Z4 的值后续版本给出。

5. 一般要求

5.1. 系统架构

图 1 所示为 MF-WPT 的系统架构及组件，系统架构中的组件适用于本部分的条款。



说明：

- | | | | |
|------|---------------|------|---------------|
| 1， | MF-WPT 系统 | 21， | 副边设备 |
| 11， | 原边设备 | 22， | 车载功率组件 |
| 12， | 非车载功率组件 | 23， | 车载通信控制单元（IVU） |
| 13， | 地面通信控制单元（CSU） | 24， | 车载功率电路 |
| 14， | 地面功率电路 | 25， | 车载设备 |
| 15， | 地面设备 | 200， | 电池和车载电气设备 |
| 100， | 供电电源 | a， | 无线充电功率传输 |
| | | b， | 通信 |

图 1 MF-WPT 系统架构及组件

注：异物检测、生物检测、对位检测等辅助功能组件未包含在系统架构。

5.2. 海拔

本部分的条款要求适用于海拔高度 2000m 及以下的应用，对于超过 2000m 海拔使用的设备，应考虑介电强度的下降、设备的开关能力、空气的冷却作用以及设备的降额运行，或者由设备制造商和设备用户协商。

5.3. 地面设备正常使用的环境条件

5.3.1. 温度

工作温度范围：-20℃~50℃。

储运温度范围：-25℃~55℃。

5.3.2. 湿度

工作相对湿度范围：≤95%。

储运相对湿度范围：≤95%。

5.4. 原边设备的安装

原边设备安装方式应符合 GB/T 38775.1-2020 中 5.4 的规定。

采用地上安装方式时，原边设备上表面离地面的最大距离应不超过 7cm。采用地埋安装方式时，原边设备上表面离地面的最大距离应不超过 5cm。

原边设备在停车位的安装位置如图 2 所示，原边设备应安装在停车位的后侧（接近车位限位装置，非停车进入侧）。

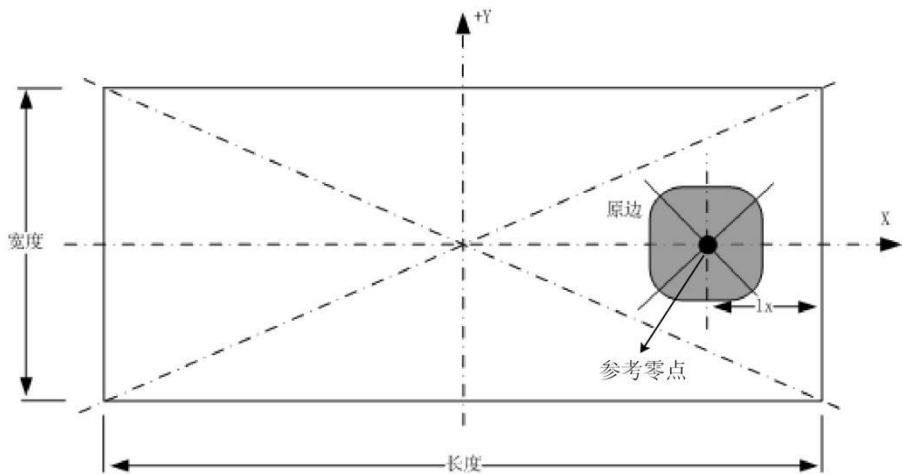


图 2 原边设备的安装位置

停车位尺寸参考值为：长度为 5.5m、宽度为 2.5m。 l_x 的值应为 1.7m，安装误差应不大于 1cm。

6. 性能要求

6.1. 工作频率

地面设备的工作频率应设计为表 4 中规定的标称频率。

MF-WPT 系统在工作状态时，应采用定频工作模式，系统标称频率点应为 $f_0 (\pm 0.05)$ kHz， f_0 频率取值应为 79-90kHz 中的某一点，且应符合国家无线电管理的相关规定。

表 4 标称频率

频率类型	频率值 (kHz)
标称频率点	$f_0 (\pm 0.05)$
频率范围	79~ 90

6.2. 偏移范围和对准点

地面设备和车载设备的相对位置在表 5 规定的偏移范围内应实现满足 8.4、8.5 规定的功率传输要求以及系统效率要求。

表 5 偏移范围

坐标	偏移范围 (mm)
X	-75 ~ 75
Y	-100 ~ 100

图 3 所示为原边线圈和副边线圈的中心对准点示意图。对准点应允许在表 5 所示的偏移范围内，对准点允许的区域为对准容忍区域，MF-WPT 系统应能够在对准容忍区域内正常工作。

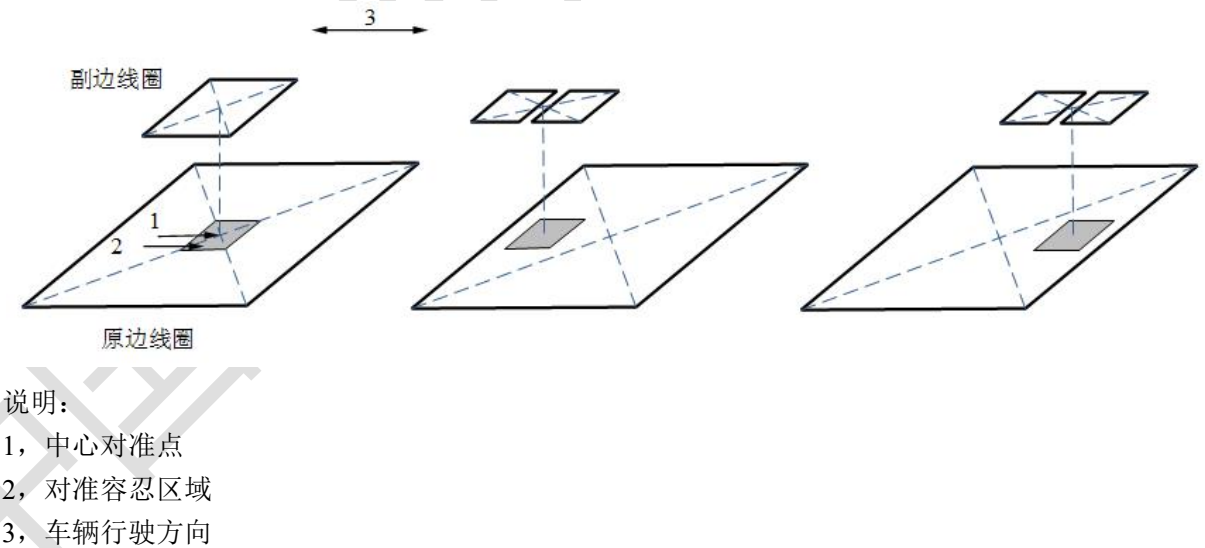


图 3 对准点示意图

A 类地面设备的中心对准点应在设备表面进行标记。A 类地面设备的中心对准点为原边线圈的物理中心点，在测试时对准中心点的坐标应为 X=0、Y=0。

B 类地面设备的中心对准点宜在设备表面进行标记。

6.3. 输入功率等级

6.3.1. A 类设备输入功率等级

对于不同输出功率等级车载设备，A 类地面设备的最大输入功率应满足表 6 的规定。

表 6 A 类地面设备最大输出功率等级

	车载设备				
地面设备	MF-WPT	WPT1	WPT2	WPT3	WPT4
	WPT1	$P_{out} \leq P_{s1max}$	$P_{out} \leq P_{s1max}$	$P_{out} \leq P_{s1max}$	TBD
	WPT2	$2.96kW \leq P_{out} < 3.7kW$	$2.96kW < P_{out} \leq P_{s2max}$	$2.96kW < P_{out} \leq P_{s2max}$	TBD
	WPT3	$2.96kW \leq P_{out} < 3.7kW$	$6.16kW < P_{out} < 7.7kW$	$6.16kW < P_{out} \leq P_{s3max}$	TBD
	WPT4	TBD	TBD	TBD	TBD
注 1：TBD 表示待定，待后续版本修订或在其它标准中制定。					
注 2： P_{s1max} 表示 MF-WPT1 的车载参考设备设计的最大输出功率，且 $P_{s1max} < 3.7kW$ 。					
注 3： P_{s2max} 表示 MF-WPT2 的车载参考设备设计的最大输出功率，且 $2.96kW < P_{s2max} < 7.7kW$ 。					
注 4： P_{s3max} 表示 MF-WPT3 的车载参考设备设计的最大输出功率，且 $6.16kW < P_{s3max} < 11.1kW$ 。					

A 类地面设备与车载参考设备构成的 MF-WPT 系统输出功率测试应按照 8.3 中的测试方法进行，测试时车载参考设备应支持地面设备以不低于 0.25kW/s 的功率启动。

且 A 类地面设备与车载参考设备构成的 MF-WPT 系统额定输出功率应满足表 6 的规定，其中：

a) 输出功率等级为 MF-WPT1 的 MF-WPT 系统应满足：

地面设备输入功率等级为 MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 时，输出功率等级为 MF-WPT1 的系统应可实现设计的最大输出功率。

b) 输出功率等级为 MF-WPT2 的 MF-WPT 系统应满足：

1) 地面设备输入功率等级为 MF-WPT2、MF-WPT3 时，系统应可实现其设计的最大输出功率；

2) 地面设备输入功率等级为 MF-WPT1 时，系统可实现不低于 2.96kW 的额定功率输出。

c) 输出功率等级为 MF-WPT3 的 MF-WPT 系统应满足：

1) 地面设备输入功率等级为 MF-WPT3 时，系统应可实现其设计的最大输出功率；

2) 地面设备输入功率等级为 MF-WPT2 时，系统应可实现不低于 6.16kW 的额定功率输出；

3) 地面设备输入功率等级为 MF-WPT1 时，系统可实现不低于 2.96kW 的额定功率输出。

6.3.2. B 类设备输入功率等级

B 类地面设备与车载设备构成的 MF-WPT 系统输出功率由设备制造商和用户协商确定。

6.4. 输出功率等级

6.4.1. A 类设备输出功率等级

对于不同输入功率等级地面设备，A 类车载设备的最大输出功率应满足表 7 的规定。

表 7 A 类车载设备最大输出功率

车载设备	地面设备				
		MF-WPT1	MF-WPT2	MF-WPT3	MF-WPT4
	MF-WPT1	$P_{out} \leq P_{s1max}$	$P_{out} \leq P_{s1max}$	$P_{out} \leq P_{s1max}$	TBD
	MF-WPT2	$2.96kW \leq P_{out} < 3.7kW$	$2.96kW < P_{out} \leq P_{s2max}$	$2.96kW < P_{out} \leq P_{s2max}$	TBD
	MF-WPT3	$2.96kW \leq P_{out} < 3.7kW$	$6.16kW < P_{out} < 7.7kW$	$6.16kW < P_{out} \leq P_{s3max}$	TBD
	MF-WPT4	TBD	TBD	TBD	TBD

注1: TBD表示待定, 待后续版本修订或在其它标准中制定。

注2: P_{s1max} 表示MF-WPT1的车载设备设计的最大输出功率, 且 $P_{s1max} < 3.7kW$ 。

注3: P_{s2max} 表示MF-WPT2的车载设备设计的最大输出功率, 且 $2.96kW < P_{s2max} < 7.7kW$ 。

P_{s3max} 表示MF-WPT3的车载设备设计的最大输出功率, 且 $6.16kW < P_{s3max} < 11.1kW$

A 类车载设备与 GB/T 38775.6-2021 中附录 A 地面参考设备构成的 MF-WPT 系统输出功率测试应按照 8.2 中测试方法进行, 测试时车载设备应支持地面参考设备以不低于 0.25kW/s 的功率启动。

且 A 类车载设备的额定输出功率应满足表 7 的规定, 其中:

a) 输出功率等级为 MF-WPT1 的 A 类车载设备应满足:

地面参考设备输入功率等级为 MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 时, 输出功率等级为 MF-WPT1 的车载设备应可实现设计的最大输出功率。

b) 输出功率等级为 MF-WPT2 的 A 类车载设备应满足:

1) 地面参考设备输入功率等级为 MF-WPT2、MF-WPT3 时, 车载设备应可实现其设计的最大输出功率;

2) 地面参考设备输入功率等级为 MF-WPT1 时, 车载设备可实现不低于 2.96kW 的额定功率输出。

c) 输出功率等级为 MF-WPT3 的 A 类车载设备应满足:

1) 地面参考设备输入功率等级为 MF-WPT3 时, 车载设备应可实现其设计的最大输出功率;

2) 地面参考设备输入功率等级为 MF-WPT2 时, 车载设备应可实现不低于 6.16kW 的额定功率输出;

3) 地面参考设备输入功率等级为 MF-WPT1 时, 车载设备可实现不低于 2.96kW 的额定功率输出。

6.4.2. B 类设备输出功率等级

B 类车载设备的输出功率由设备制造商和用户协商确定。

6.5. 系统效率

MF-WPT 系统效率是指车载设备 (图 1 中模块 24) 输出功率与地面设备 (图 2 中模块 14) 输入功率的比值, 其测试点参考 GB/T 38775.3-2020 中条款 5.1 的规定。

注: 功率不匹配的地面设备和车载设备的 MF-WPT 系统效率待定。

6.6. 输出电压

对于充电电压范围为 $U_{out-min}$ — $U_{out-max}$ 的车辆, MF-WPT 系统车载设备的输出电压测试点应至少包括:

- 最小的输出电压测试点应为车辆充电电压最小值；
- 系统满功率输出的最小输出电压测试点，该测试点的输出电压值由设备供应商提供；
- 最大的输出电压测试点应为车辆充电电压最大值；
- 系统满功率输出的最大输出电压测试点，该测试点的输出电压值由设备供应商提供。

6.7. 功率因数

在额定输入、额定输出条件下，MF-WPT系统输入功率因数应不低于0.98。

7. 功能要求

7.1. 充电方式

MF-WPT 系统应具备自动充电方式。

7.2. 待机唤醒

MF-WPT系统在待机状态时地面设备应可被唤醒。

7.3. 参数检测

对于 A 类 MF-WPT 系统，地面设备和车载设备应具备兼容性检测功能，兼容性检测应包含以下内容：

表 8 兼容性检测内容

序号	检测项	具备内容及说明
1	输入功率等级	地面设备设计的输入功率值（单位为 W）
2	输出功率等级	车载设备的最大输出功率值（单位为 W）
3	输出电压范围	车载设备的输出电压范围（单位为 V）
4	输出电流范围	车载设备的输出电流范围（单位为 A）
5	原边线圈最大电流	原边线圈设计的最大电流值（单位为 A rms）
6	副边线圈的最大拾取电压	副边线圈设计的最大拾取电压（单位为 V rms）
7	最大离地间隙	副边设备的最大离地间隙（单位为 mm）
8	最小离地间隙	副边设备的最小离地间隙（单位为 mm）
9	最大工作频率	为可选项，系统设计的最大工作频率值（单位为 Hz）
10	最小工作频率	为可选项，系统设计的最小工作频率值（单位为 Hz）
11	地面设备频率工作方式、工作频率	频率工作方式为定频工作方式，工作频率为地面设备设计的标称工作频率点
12	车载设备频率工作方式、工作频率	频率工作方式为定频工作方式，工作频率为车载设备设计的标称工作频率点
13	线圈类型	原边设备、副边设备设计的线圈类型，包括圆形、DD 形等线圈类型
14	谐振补偿电路拓扑	原边设备、副边设备设计的谐振补偿电路拓扑，包括串联、并联、LCC 等
15	反射阻抗范围	车载设备的反射阻抗范围
16	原边线圈上表面与地面之间的距离	固定值（单位为 mm），与副边线圈与地面之间的距离构成工作气隙

17	副边线圈下表面与地面之间的距离	范围值（单位为 mm），与原边线圈与地面之间的距离构成工作气隙
18	制造商 ID 号	为可选项，代表制造商的唯一 ID 号
19	设备 ID 号	地面设备、车载设备的唯一 ID 号

在兼容性检测预检过程中，A类地面设备应提供表8中序号为1、5、11、13、14、16的内容，宜提供表8中序号为9、10、18、19的内容。

A类车载设备应支持 MF-WPT 系统的兼容性检测，在兼容性检测过程中，A类车载设备应提供表8中序号为2、3、4、6、12、13、14、17的内容，宜提供序号为7、8、16的内容。

7.4. 对位检测

MF-WPT系统车载设备应具备对位检测功能，能够反馈副边设备是否在设备厂商规定的偏移范围内。若检测到超出偏移范围，则MF-WPT系统发出警告，并停止充电或不启动充电。

7.5. 异物检测

MF-WPT系统地面设备应具备异物检测功能，能够识别原边设备上方影响无线电能传输的异物，常规异物见GB/T 38775.1中表7。若检测到异物，则MF-WPT系统发出警告，并停止充电或不启动充电。

7.6. 生物检测

MF-WPT系统地面设备应具备生物检测功能，能够判断GB/T 38775.4保护区1和2内是否存在生物，若检测到生物，则MF-WPT系统发出警告，并停止充电或不启动充电。

7.7. 安全联锁

正在充电状态与车辆可行驶模式应为互锁关系。

7.8. 人机交互功能

MF-WPT 系统应显示下列信息或状态：

- 系统运行状态指示：待机、充电、异常，当处于异常状态时，宜显示异常状态原因；
- 有手动设定方式功能的MF-WPT系统应显示人工输入信息；
- 互操作性参数检测结果，若互操作性参数检测未通过，宜显示未通过原因。

MF-WPT 系统宜显示下列信息：

- 蓄电池当前的荷电状态SOC、充电电压、充电电流等；
- 已充电时间、已充电量，剩余充电时间；
- 系统效率。

7.9. 异常保护

MF-WPT系统地面设备、车载设备都应具备异常保护功能，具体要求如下：

- 地面设备应具备电源输入侧的过压保护、欠压报警；
- 地面设备的非车载功率组件应具备过压保护、过流保护、空载保护；
- 车载设备应具备输出过压、过流和空载保护；

d) 地面设备、车载设备应具备过温保护，当超过温度限值时，MF-WPT系统应降功率运行或者停止运行。其中温度采集点应至少包括原边设备、副边设备、非车载功率组件的环境温度以及车载功率组件的环境温度；

e) MF-WPT系统在充电过程中，当检测到地面设备与车载设备通信中断时，MF-WPT系统应停止充电；

f) 地面设备应具备剩余电流保护器，交流供电设备的剩余电流保护器宜采用A型或B型，符合GB/T 14048.2、GB/T 16916.1和GB/T 22794的相关要求。

8. 安全要求

8.1. EMF

MF-WPT 系统应符合 GB/T 38775.4 中 EMF 限值的要求。

8.2. EMC

MF-WPT 系统的 EMC 要求应符合 GB/T 38775.5 《电磁兼容性要求和试验方法》的规定。

EMC 测试时，应在最恶劣的使用情况下进行，包括：

- 副边设备在最大偏移下；
- 副边设备的离地间隙应至少包括设计的最大值、最小值以及中间值；
- MF-WPT 系统满功率输出。

8.3. 电击防护

电击防护的一般要求包括：

- 危险带电部件应不可被接触。
- 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地面设备，其要求详见IEC 60364-7-722-2015。
- 对于可以同时使用的连接点，每个连接点应使用独立的保护手段（过流保护和故障电流保护）。

8.3.1. 接触电流要求

本部分条款试验时，系统处于运行状态，且无线充电系统供电电压应为标称额定电压的 1.1 倍。接触电流应在地面设备连接至交流电网的情况下，按照 GB/T 12113—2003 进行测试。

交流电极和可接触金属零件的接触电流应依照 GB 4943.1 进行测试，接触电流值不应超过表 9 给出的数值。

接触电流试验是在完成湿热交变测试 Db 后的一个小时之内进行测试，其中湿热交变测试应按 GB/T 2423.4 要求进行；或者是在完成湿热稳态测试 Ca 后的一个小时之内进行测试，其中湿热稳态测试应在 40℃±2℃、93%的相对湿度环境下进行，测试时间为四天，应按 GB/T 2423.3 要求进行测试。

无线充电系统由隔离变压器供电，或以与地隔离的方式安装。通过固定电阻连接的电路，或者参考接地的电路，在测试前应断开。

表 9 接触电流

分类	等级 I	等级 II
带电电极和可接触金属零件之间 任一交流相线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 任一交流相线和通常为激活(双层绝缘)的可接触金属零件(固	不适用	3.5mA

定)之间		
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
注: 带电电极不包括系统工作状态下的原边设备中的线圈及原边设备中线圈的接插件和连接线缆。		

8.3.2. 绝缘电阻要求

用开路电压为GB/T 38775.3-2020中表11中规定电压等级的测试仪器测量,电动汽车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500Ω/V。

8.3.3. 绝缘强度要求

8.3.3.1. 绝缘耐压强度

电动汽车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10所规定历时1min的工频耐压试验,试验过程中应无绝缘击穿和飞弧现象。

8.3.3.2. 冲击耐压

电动汽车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所规定标准雷击波的短时冲击电压试验,冲击耐压试验电压等级见表10。

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10规定施加3次正极性和3次负极性标准雷击波的短时冲击电压,每次间隙不小于5s,试验时其它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%。

表 10 绝缘试验的试验等级

额定绝缘电压 U_i /V	绝缘电阻测试仪器的电压等级/V	介电强度试验电压/kV	冲击耐压试验电压/kV
≤ 60	250	DC 1.414 / AC 1.0	1
$60 < U_i \leq 300$	500	DC 2.828 / AC 2.0	± 2.5
$300 < U_i \leq 700$	1000	DC 3.535 / AC 2.5	± 6
$700 < U_i \leq 950$	1000	AC $2 \times U_i + 1000$ DC $2.8 \times U_i + 1400$	± 6

8.4. 防护等级

8.4.1. 外壳的 IP 等级

非车载功率组件外壳的最小 IP 等级应满足:

- a) 室内使用: IP32;
- b) 室外使用: IP54。

使用手册中应说明使用环境。

8.4.2. 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) 非公共路段安装的最小的 IP 等级应为: IP67;
- b) 在公共路段安装的最小 IP 等级应为: IP69K、IP67。

合规检查测试应符合 GB/T 4208。

8.4.3. 车载设备的 IP 等级

车载设备 IP 等级应遵循，最小 IP 等级：IP67。

注：如果原边设备和非车载功率组件为一体化设计、副边设备和车载设备为一体化设计，则只做一次 IP 等级测试，且应遵循两者中较高的 IP 等级。

8.5. 过流保护和短路保护

MF-WPT系统的过流保护和短路保护功能应满足GB/T 38775.1—2020中10.3条的要求。

8.6. 温升和过热

MF-WPT系统的温升和过热功能应满足GB/T 38775.1—2020中10.4条的要求。

8.7. 耐碾压

该测试方法适用于最大总质量5吨以下车辆的测试。

对于地上安装的原边设备，用规格为 P225/75R15 或同等负载的传统汽车轮胎以 (5000 ± 250) N 的压力，以 (8 ± 2) km/h 的速度压过原边设备，轮胎充气压力为 (220 ± 10) kPa。当车轮从原边设备压过之前，原边设备应随意地以正常方式放在地上，测试中的原边设备应无明显移动，且被施加压力的原边设备不应放置在突出物上。

碾压压力应至少施加三次，第一步，从设备的一侧开始碾压，通过中间部分，直至设备的另一侧，同时X方向和Y方向都应进行测试。第二步，碾压方向调转45°，进行同样的测试。第三步，再调转45°，进行同样的测试。

电缆测试时，电缆应平直，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，电缆的碾压测试不适用。

碾压试验之后，设备或电缆不应有严重的破裂、折损或者变形，不应出现下述情形：

- a) 带电部件被符合 GB/T 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；
干扰设备正常工作，或破坏设备功能；
- c) 设备或其电缆夹不能为供电电缆提供合适的拉力；
- d) 其它可能会导致火灾或者触电风险的损害。

8.8. 车载设备结构要求

车载设备耐振动性能应满足 QC/T 413-2002 中条款 3.11 相关规定。

车载设备耐温度性能应满足 QC/T 413-2002 中条款 3.10 相关规定。

车载设备耐温度、湿度变化性能应满足 QC/T 413-2002 中条款 3.11 相关规定。

8.9. 材料和部件的强度要求

8.9.1. 防腐蚀保护

无线充电系统正常使用的情况下，应通过使用合适的材料或针对裸露表面的保护涂层以确保防腐蚀保护。

实验样本应符合 GB/T 7251.1-2013 中 10.2.2.1 的测试程序所规定的清洁状态，且满足：

- a) 室内设备的严格测试 A，详见 GB/T 7251.1-2013 中 10.2.2.2；
- b) 室内设备的严格测试 B，详见 GB/T 7251.1-2013 中 10.2.2.3。

送检设备应满足 GB/T 7251.1-2013 中 10.2.2.1, 10.2.2.4 试验, 和 10.2.2.2 (室内) 或 10.2.2.3 (室外) 试验。

8.9.2. 外壳检验

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) 参照 GB/T 30789.2、GB/T 30789.3、GB/T 30789.4、GB/T 30789.5 相关规定, 确认没有超过规定锈蚀等级 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。

8.10. 机械事故的防护要求

安装无线充电系统后, 设备不应有任何锐利的边缘。

9. 互操作性要求

地面设备和车载设备满足以下条件时, 为可互操作的, 地面设备才能向电动汽车进行无线电能传输。

- 功率等级符合 6.3 和 6.4 节的规定;
- 离地间隙符合 4.3 节的规定;
- 相同的标称工作频率, 符合 6.1 节的规定;
- 电路拓扑结构相兼容, 符合附录 A 和附录 B 的相关规定;
- 合理的系统效率及功率因数, 符合 6.5 和 6.7 节的规定;
- 并且符合第 7 章和第 8 章的安全要求及功能要求。

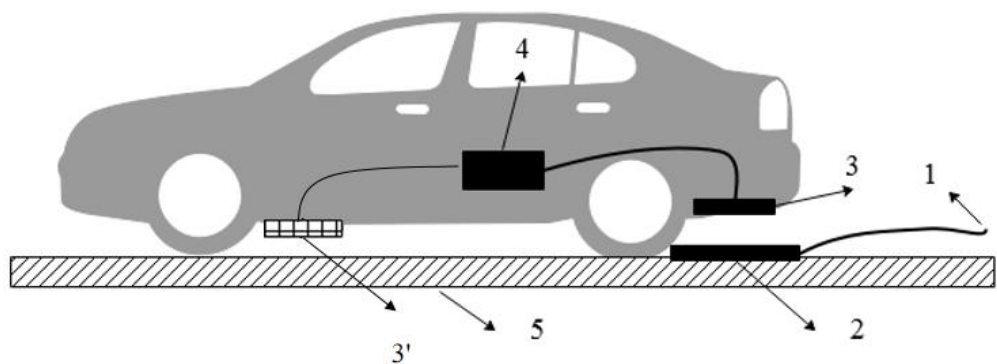
对于 A 类地面设备和 A 类车载设备, 应分别与附录 B、附录 A 的参考设备构成无线充电系统进行互操作性测试。

10. 测试方法

10.1. 测试装置布置

10.1.1. 整车级测试

MF-WPT 系统的参数和系统效率受车辆底盘材料、尺寸、造型等因素的影响。测试应在实车上测试或者在模拟车辆底盘环境下进行。图 4 所示为整车级测试时 MF-WPT 系统示意图。



说明：

- 1， 供电电源连接线
- 2， 原边设备
- 3， 待测试的车载设备
- 3'， 车载设备另外可安装的位置
- 4， 负载
- 5， 地面

图 4 整车级测试示例图

整车级测试中，车载参考设备应该安装在车辆的相应位置，且车载参考设备应包含外壳等所有组件。

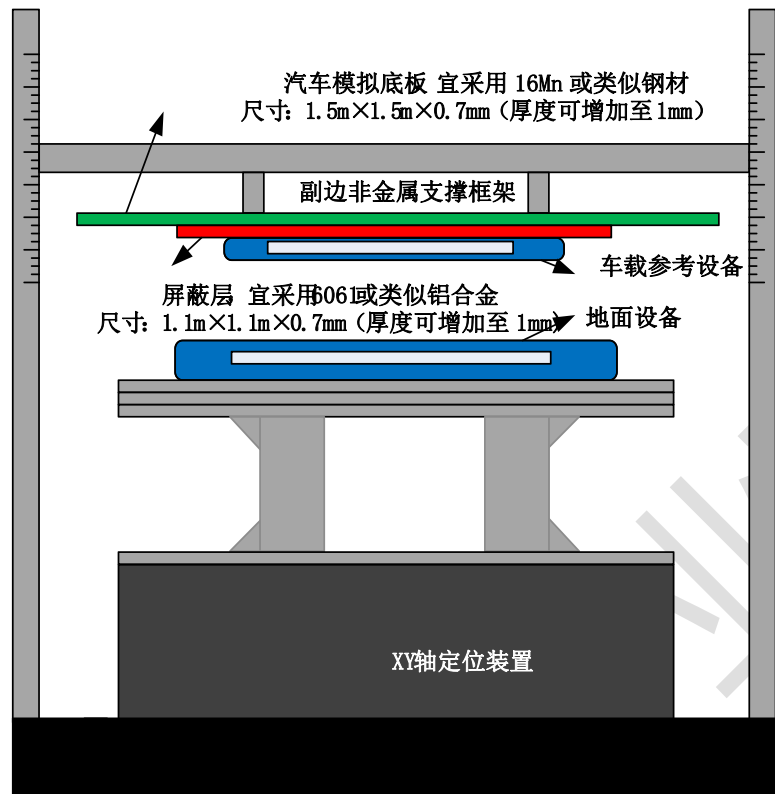
负载可采用车辆的电池或车载电气设备，也可采用等效的电子负载。

测试点应包含 X、Y、Z 轴三个方向的偏移范围，对准点可通过移动车辆或者原边设备实现。

测试过程中应避免地面（如地面的钢筋等金属物）对系统的影响，可将地面设备和车辆抬起一定高度，以避免地面金属材料对测试的影响。

10.1.2. 部件级测试

MF-WPT 系统部件级测试不需要车载设备安装在车辆上，可通过台架的方式实现。部件级测试的示意图如图 5 所示。



注：副边设备、屏蔽层、汽车模拟底板之间应紧密贴合

图 5 部件级测试

部件级测试时，需要采用模拟底盘的材料/组件来代替车辆底盘，车载设备应安装在模拟底盘的材料/组件上。模拟底盘的材料/组件包括屏蔽组件、钢板两部分。

部件级测试要求应满足整车级测试的要求。

10.2. 试验环境条件

应在以下环境条件下进行：

- a) 环境温度：15℃～35℃；
- b) 相对湿度：45%～75%；
- c) 大气压力：86kPa～106kPa。

10.3. 试验电源条件

试验时供电电源条件为：

- a) 频率：50Hz±0.5Hz；
- b) 交流电源电压：220V/380V，允许偏差±5%；
- c) 交流电源波形：近似正弦波，波形畸变因数不大于 5%；
- d) 三相交流电源系统的不平衡度不大于 5%；
- e) 交流电源系统的直流分量：偏移量不大于峰值的 2%。

10.4. 试验仪器要求

除另有规定外，试验中所使用的仪器仪表精度应满足下列要求：

- a) 一般使用的仪表准确度应根据被测量的误差等级按表 5 进行选择；
- b) 测量温度仪表的误差不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 测量时间用仪表：当测量时间大于 1s 时，相对误差不大于 0.5%；测量时间小于 1s 时，相对误差不大于 0.1%；
- d) 所有测试仪器、仪表应在溯源认证的有效期内。

表 11 测试仪表精度的选择

相对误差	$<0.5\%$	$0.5\% \sim 1.5\%$	$1.5\% \sim 5\%$	7.5%
仪表准确度	0.1 级	0.2 级	0.5 级	1.0 级
数字仪表分辨率	6 位半	5 位半	4 位半	4 位半

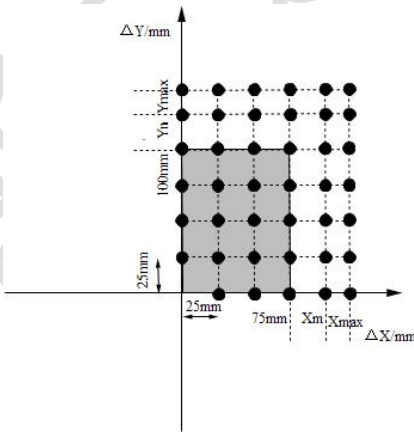
10.5. 试验负载

试验中所述的负载应选用电阻负载或电子负载。

10.6. 输出功率和系统效率

系统输出功率和系统效率的测试点应至少满足 GB/T 38775.3-2020 中 8.2.2 的规定。若设备制造商提供的对准容忍区域的 X 轴方向允许偏移值大于 75mm 和/或 Y 轴方向允许偏移值大于 100mm，则应增加测试点数，增加的测试点如图 6 所示。

测试点应以 25mm 作为步长，若设备制造商提供的对准容忍区域的 X、Y 轴最大值不是 25mm 的倍数，则 X、Y 轴的最后测试点可不以 25mm 作为步长，应以 $X_{\max}$ 、 $Y_{\max}$ 作为 X、Y 轴的最后测试点。



说明：

Y_n ——Y 轴测试点， $Y_n = \pm (100 + n \times 25)$ mm，其中 n 为整数

$Y_{\max}$ ——设备制造商提供的对准容忍区域的 Y 轴最大值， $Y_{\max} = \pm (100 + n \times 25 + y)$ mm，其中 n 为 Y_n 中的 n 值， $y < 25\text{mm}$

X_m ——X 轴测试点， $X_m = \pm (75 + m \times 25)$ mm，其中 m 为整数

$X_{\max}$ ——设备制造商提供的对准容忍区域的 X 轴最大值， $X_{\max} = \pm (75 + m \times 25 + x)$ mm，其中 m 为 X_m 中的 m 值， $x < 25\text{mm}$

图 6 测试点示意图

对于输出电压范围为 $U_{\text{out-min}}$ — $U_{\text{out-max}}$ 的 MF-WPT 系统，系统输出功率和系统效率的测试步骤应按以下进行：

1) 输出电压为 $U_{\text{out-max}}$ ，测试车载参考设备在额定离地间隙、最大离地间隙以及最小离地间隙条件下系统设计的100%输出功率、75%输出功率以及50%输出功率三种状态下所有测试点在无偏转及有偏转角度下的系统输出功率和系统效率。

2) 输出电压为 $0.75 \times U_{\text{out-max}}$ ，测试车载参考设备在额定离地间隙、最大离地间隙以及最小离地间隙条件下系统设计的100%输出功率、75%输出功率以及50%输出功率三种状态下所有测试点在无偏转及有偏转角度下的系统输出功率和系统效率。

3) 输出电压为 $U_{\text{out-min}}$ ，测试车载参考设备在额定离地间隙、最大离地间隙以及最小离地间隙条件下系统设计的100%输出功率、75%输出功率以及50%输出功率三种状态下所有测试点在无偏转及有偏转角度下的系统输出功率和系统效率。

4) 输出电压为 $U_{\text{out-min}}$ 且 MF-WPT 系统无法实现设计的100%输出功率时，则按照设备制造商提供的可实现系统设计的100%输出功率的最低输出电压进行测试，测试车载参考设备在额定离地间隙、最大离地间隙以及最小离地间隙条件下系统设计的100%输出功率、75%输出功率以及50%输出功率三种状态下所有测试点在无偏转及有偏转角度下的系统输出功率和系统效率。

注：额定离地间隙由设备制造商指定，在最大离地间隙和最小离地间隙之间。

偏转角度的设置应符合 GB/T 38775.3-2020 中 8.2.3 MF-WPT 系统有偏转条件下的测试的规定。

10.7. 功率因数

额定输入条件下，MF-WPT 系统在不同功率段、不同机械气隙下的无偏移条件下的功率因数测试参见附录 C 的表 C.3。

额定输入、额定输出条件下，MF-WPT 系统在 X/Y 轴方向偏移条件下的功率因数测试参见附录 B 的表 C.4。

10.8. 谐波电流

额定输入、额定输出条件下，MF-WPT 系统在标称气隙、无偏移条件下的谐波电流限值测试参见附录 C 的表 C.5。

10.9. 电磁环境限值

MF-WPT 系统的电磁环境限值测试方法参照 GB/T 38775.4-2020 中第6章的要求。

10.10. 电击防护

电击防护分直接接触防护和间接接触防护。直接接触防护通过 IPXXB 试验试具进行试验，MF-WPT 系统不用工具就能打开的外壳部分被打开后，试指应不易触及到危险带电部件；间接接触防护通过电桥、接地电阻试验仪或数字式低电阻试验仪测量，MF-WPT 系统地面设备内任意接地的点至总接地之间的电阻不应大于 0.1Ω ，车载设备中人体可直接接触的可导电部分与电位均衡点之间的电阻不应大于 0.1Ω ，测量点不应少于 3 个，如果测量点涂敷防腐漆，应将防腐漆刮去，露出非绝缘材料后再进行试验，接地端子应有明显的标志。

10.11. 防护等级

充电柜、冷源柜体、原边设备、副边设备、车载设备外壳 IP 防护等级的试验方法按照 GB/T 4208—2017 中第 13、14 章的规定进行。

10.12. 绝缘电阻试验

应符合GB/T 38775.1—2020中10.2.3条的规定。

10.13. 绝缘耐压强度试验

应符合GB/T 38775.1—2020中10.2.4条的规定。

10.14. 冲击耐压试验

应符合38775.1—2020中10.2.4条的规定。

10.15. 过流保护和短路保护

10.15.1. 过流保护试验

MF-WPT系统输出连接负载，并设置在额定负载状态下运行，缓慢增加输出负载功率，负载功率增加速度可设置为5kW/s，MF-WPT系统应自动进入限流输出状态或者切断直流输出，并由地面设备发出告警提示。

10.15.2. 短路保护试验

MF-WPT系统输出连接负载，并设置在额定负载状态下运行，短接MF-WPT系统的直流输出端，MF-WPT系统应切断直流输出，并由地面设备发出告警提示。

10.16. 异物检测

10.16.1. 测试要求

异物检测的测试对象包括2类：

——第1类为由于温升可能引起的触碰风险物体，应至少包括GB/T 38775.3-2020中8.8.3表7中的所有物体；

——第2类为由于温升引起的燃火风险的物体，应至少包括曲别针和A4纸，曲别针的长为3cm，宽为0.8cm，材料为无涂层钢。

根据MF-WPT系统功率传输状态，异物检测分为2种情况：

——第1种为MF-WPT未进行功率传输时异物检测功能启动运行，这种情况下MF-WPT系统宜进行异物检测的测试；

——第2种为MF-WPT进行功率传输时的异物检测功能启动运行，这种情况下MF-WPT系统应进行异物检测的测试。

异物检测测试过程中，对于相应功率等级的副边设备，应保证原边设备中线圈电流工作在最大值。一般地，应保证MF-WPT系统工作在最大输出功率等级，原边设备和副边设备应处于最大偏移状态。

10.16.2. 检测区域

异物检测区域应包括GB/T 38775.3-2020中8.8.3图6所示的区域。

异物检测测试过程中，测试对象应平放在原边设备上表面，对于A类地面设备，车载设备应采用附录B中规定的车载参考设备。对于B类地面设备，可采用设备厂商提供的车载设备。

注：对于地埋式安装原边设备的异物检测，由于设备上表面与地面存在一定的垂直距离，因此不适用于本文档规定的异物检测测试方法。地埋式安装的原边设备的异物检测测试方法在后续版本中规定。

对于原边设备表面的异物检测，应分为如图 7 所示的 $n \times m$ 个区域，其中 n 和 m 宜取值为 8。

11	12	13	...				1m
21	22	23	...				2m
31	32			...			
...					...		
						...	
n1							nm

图 7 异物检测区域

区域“ij”（ $i \leq n$ 、 $j \leq m$ ）内测试点的设置应符合：

- 当区域“ij”的面积 $S_{ij} \geq 25\text{cm}^2$ 时，每个测试区域“ij”应设置 5 个测试点，测试点分布如图 8(a) 所示；
 - 当区域“ij”的面积为 $9\text{cm}^2 \leq S_{ij} < 25\text{cm}^2$ 时，每个测试区域“ij”应设置 3 个测试点，测试点分布如图 8(b) 所示；
 - 当区域“ij”的面积 $< 9\text{cm}^2$ 时，每个测试区域“ij”应设置 1 个测试点，测试点为区域“ij”的物理中心点。
- 测试点的中心点应与被测对象的物理中心点重合。

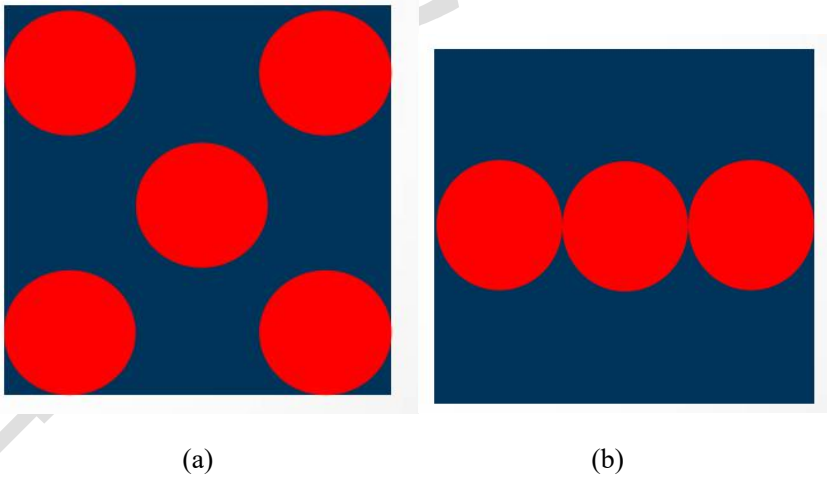


图 8 测试点设置示意图

10.16.3. 测试步骤

异物检测测试的步骤应为：

- (1) 将被测物体 1 放置于区域“11”内的测试点内，持续测试被测物体 1 的表面温度，当被测物体 1 达到热平衡状态时，其温度符合 GB/T 38775.1-2020 中条款 10.4.2 规定，或系统显示检测到异物

并进行降功率运行，或 MF-WPT 系统执行关机，则被测物体 1 通过区域 11 内的异物检测，进入步骤（2）。热平衡是指被测物体在 30s 的连续测试过程中温度变化不超过 1℃。

（2）将被测物体 1 放置于区域 12 内，重复步骤（1）的内容。

（3）将被测物体 1 逐步放置 $n \times m$ 个区域内，若被测物体 1 通过 $n \times m$ 个区域内的异物检测，进入步骤（4）。

（4）将 GB/T 38775.3-2020 中 8.8.3 表 7 以及本文本 9.5.1 列举的所有物体均执行步骤（1）—（3），且所有被测物体均通过 $n \times m$ 个区域内的异物检测，则判定设备具有异物检测功能。

10.17. 生物检测功能测试

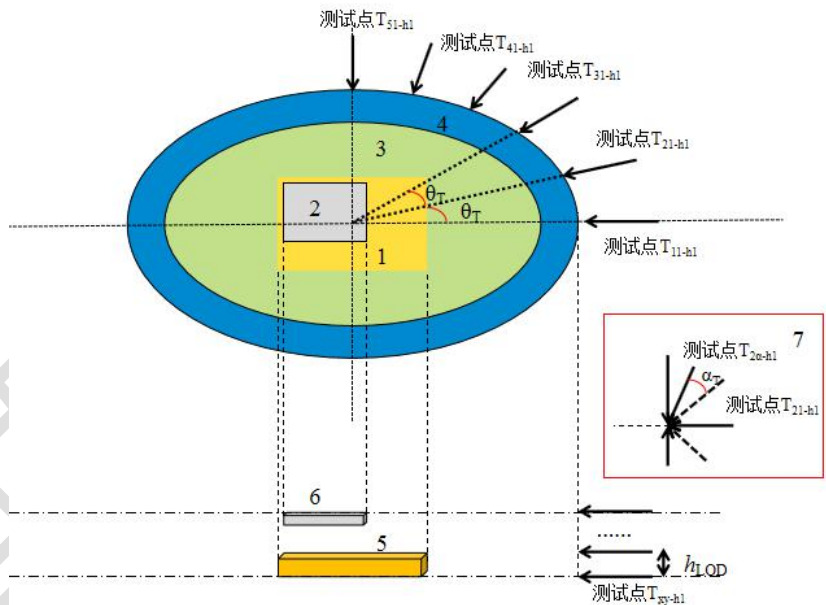
10.17.1. 测试要求

生物检测功能测试中，对于相应功率等级的副边设备，应保证原边设备中线圈电流工作在最大值。一般地，应保证 MF-WPT 系统工作在最大输出功率等级，原边设备和副边设备应处于最大偏移状态。

生物检测测试中应采用直径 5cm 的水球作为被测试对象，水球的外壳宜为 ABS 塑料材质，测试时，水球应以不低于 1m/s 的速度侵入生物检测区域。

10.17.2. 检测区域

生物检测测试区域的划分应符合下图所示区域。



说明：

- 1，区域 1 表示原边设备线圈的投影面积
- 2，区域 2 表示副边设备线圈的投影面积
- 3，区域 3 表示 MF-WPT 系统符合 GB/T 38775.4-2020 的 EMF 限值要求的区域
- 4，区域 4 表示生物检测区域
- 5，物体 5 为原边设备示意图
- 6，物体 6 为副边设备示意图

7, h_{LOD} 为相同侵入方向之间 Z 轴方向的测试间隔

8, 测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 由 3 部分的变量构成,其中 θ 为表示侵入方向测试点的变量; α 为表示侵入方向确定后分角度测试点的变量,参见区域 7 的示意图; h 为 Z 轴方向间隔测试点的变量。

图 9 生物检测区域

区域 3 应由满足 EMF 限值的边界测试点构成,区域 4 边界与区域 3 边界的距离应不低于 10cm。

以原边设备下表面中心对准点为零点,建立 X、Y、Z 的三维坐标,其中 XY 平面应与原边设备的下表面平行。

测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 中 θ 为侵入方向测试点的变量,图 9 列出部分生物侵入方向,测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 与 $T_{(\theta+1)\alpha h}$ 应以相同角度 θ_T 设置, θ 的值应不低于 36。

测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 中 α 为某个侵入方向上不同角度测试点的变量,图 9 列出了测试点 $T_{2\alpha h}$ 中部分角度,测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 与 $T_{\theta(\alpha+1)h}$ 应以相同角度 α_T 设置, α 的值应不低于 8。

测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 中 h 为 Z 轴方向间隔测试点的变量,图 9 列出了测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 中部分间隔,测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 与 $T_{\theta\alpha(h+1)}$ 应以相同间隔 h_{LOD} 设置, h_{LOD} 的值应设置为 5cm,若副边设备离地间隙 Z/h_{LOD} 为非整数,则最后一组测试点 h_{LOD} 的值可 $< 5\text{cm}$ 。

10.17.3. 测试步骤

生物检测的测试步骤应为:

(1) 以原边设备下表面作为 h 的测试起点,被测对象水球以测试点 T_{11-1} 方向侵入区域 4,系统能够检测到入侵,并进行关机或降功率运行或进行其他保证入侵物体的安全的措施,则判定 MF-WPT 系统在测试点 T_{11-1} 生物检测功能有效。

(2) 增加 α 的值,若测试点 $T_{1\alpha-1}$ 系统均能够检测到入侵,且系统能够进行关机或降功率运行,则判定 MF-WPT 系统在测试点 $T_{1\alpha-1}$ 生物检测功能有效。

(3) 增加 θ 的值,若测试点 $T_{\theta\alpha-1}$ 系统均能够检测到入侵,且系统能够进行关机或降功率运行,则判定 MF-WPT 系统在测试点 $T_{\theta\alpha-1}$ 生物检测功能有效。

(4) 增加 h 的值,若测试点 $T_{\theta\alpha h}$ 系统均能够检测到入侵,且系统能够进行关机或降功率运行,则判定 MF-WPT 系统在所有测试点生物检测功能有效。

附录 A

(资料性附录)

地面参考设备

A.1 概述

本附录规定功率等级为 MF-WPT3 的地面参考设备，地面参考设备为地面安装方式，地面参考设备的工作频率为 85.5kHz。

注：地埋安装方式的地面参考设备在后续版本中规定。

MF-WPT3 的地面参考设备应可支持 MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 的车载设备的测试。

A.2 地面参考设备的机械结构

地面参考设备的机械结构如图 B.1 所示。

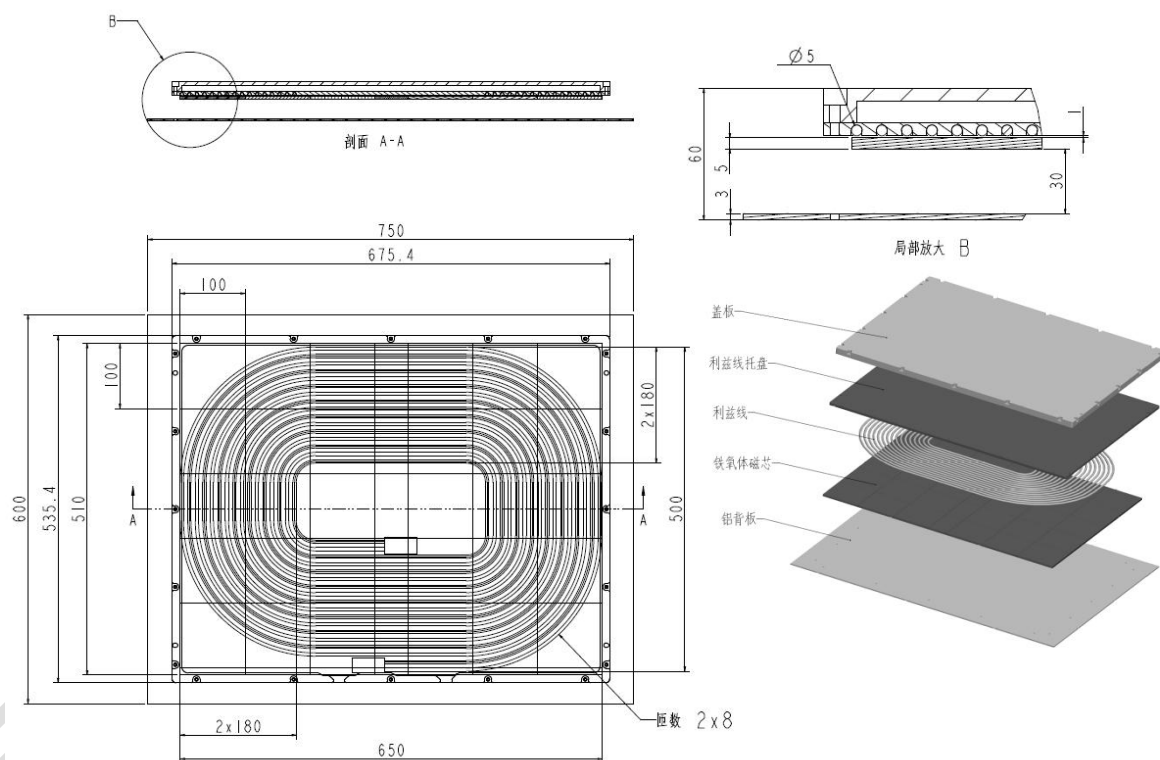


图 A.1 地面参考设备结构

除外壳结构，地面参考设备应至少由 3 部分组成。最上层部分应为线圈绕组部分，中间层部分应为铁氧体磁芯，最底层应为铝背板。

地面参考设备的厚度宜为 60mm，3 个部件的厚度以及间距宜按照图 A.1 设计，部件厚度及间距的取值宜按照表 A.1 所示。

表 A.1 地面参考设备部件厚度及间距

部件厚度	参数值	部件间距	参数值
绕组	5mm	绕组和外壳上表面	16mm

磁芯	5mm	绕组和磁芯	1mm
铝板	3mm	磁芯和铝板	30mm

地面参考设备的参数应按照表 A.2 所示参数设置。

表 A.2 地面参考设备结构参数

参数类型	参数值	参数类型	参数值	参数类型	参数值
绕组匝数	8	线圈长度	650mm	线圈宽度	500mm
磁芯长度	650mm	磁芯宽度	510mm	磁芯厚度	5mm
绕组线径	5mm	绕线间距	6.66mm		

A.3 地面参考设备的电路设计

地面参考设备的电路应按图 A.2 所示的拓扑设计。

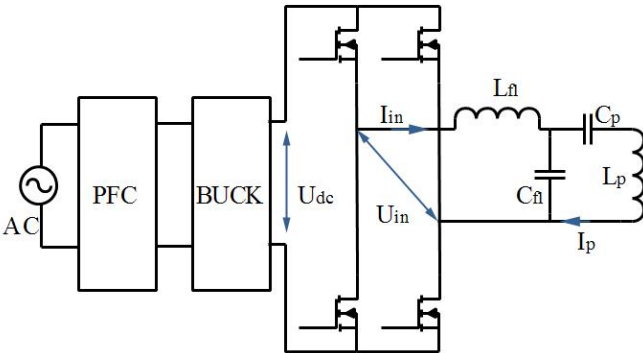


图 A.2 地面参考设备的主电路拓扑

地面参考设备谐振补偿网络的电气参数应按照表 A.3 设计。

表 A.3 地面参考设备的电气规格参数

Cp[nF]	130.5
Cf1[nF]	157.9
Lf1[uH]	22

与附录 B 中的车载参考设备构成 MF-WTP 系统时，地面参考设备的原边线圈自感值 L_p 的最大和最小值如表 A.4 所示。

表 A.4 地面设备线圈自感值 L_p 在不同离地间隙、不同功率等级下的范围

功率等级	离地间隙	L_{p_min} [μ H]	L_{p_max} [μ H]
WPT1	Z1	40.2	44.6
	Z2	43.8	46
	Z3	46.3	46.5
WPT2	Z1	40.2	44.6

WPT3	Z2	43.8	46
	Z3	46.3	46.5
	Z1	39.4	44.7
	Z2	43.8	46
	Z3	46.3	46.5

地面参考设备各个模块的电气参数范围应满足表 A.5 的要求。

表 A.5 地面参考设备中的电气参数范围

电 流	值
PTC 输入电压 (U_{dc}) 范围	300-840 V
PTC 最大输出电流 I_{in} 值	45A rms
原边设备线圈最大电流 I_p 值	65A rms

A.4 地面参考设备的耦合系数

在与不同的功率等级以及离地间隙的车载设备构成 MF-WTP 系统时，原边线圈与副边线圈的耦合系数 k 的最大和最小值如表 A.6 所示。

表 A.6 k 值范围

功率等级	气隙等级	k_{min}	k_{max}
WPT1	Z1	0.122	0.237
	Z2	0.102	0.246
	Z3	0.1	0.27
WPT2	Z1	0.122	0.237
	Z2	0.102	0.246
	Z3	0.1	0.27
WPT3	Z1	0.134	0.279
	Z2	0.102	0.246
	Z3	0.1	0.27

附录 B
(资料性附录)
车载参考设备

B.1 MF-WPT1 的车载参考设备

B.1.1 概述

本章节规定功率等级为 MF-WPT1 的车载参考设备的机械机构、电气参数、结构参数，包括 Z1、Z2、Z3 三个离地间隙类型的车载参考设备。A 类地面设备进行测试时，应采用本章节规定的车载参考设备。

注 1：本章节规定的车载参考设备适用于地面安装方式的 A 类地面设备，地埋安装的 A 类原边设备的车载参考设备在后续版本中规定。

注 2：本章节规定的车载参考设备的额定工作频率为 85.5kHz。

B.1.2 MF-WPT1 Z1 车载参考设备机械结构

MF-WPT1 Z1 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.1 设计。

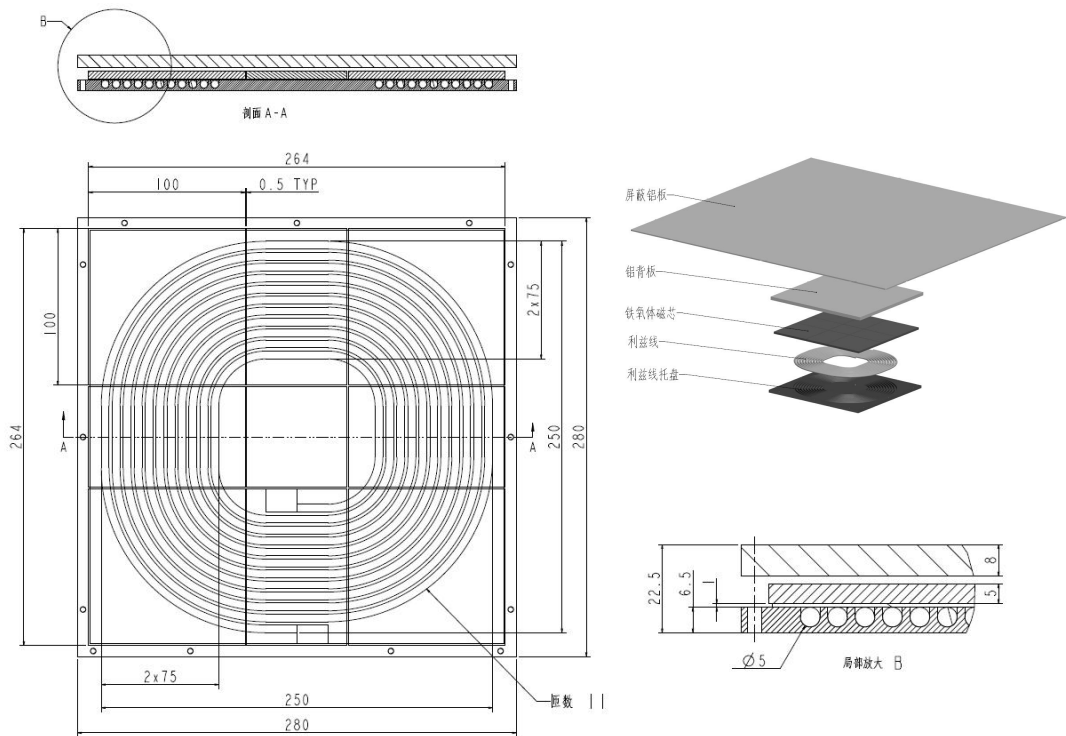


图 B.1 MF-WPT1 Z1 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT1 Z1 车载参考设备的中心对准点应为图 B.1 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT1 Z1 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 100—150mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B. 1. 3 MF-WPT1 Z2 车载参考设备机械结构

MF-WPT1 Z2 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.2 设计。

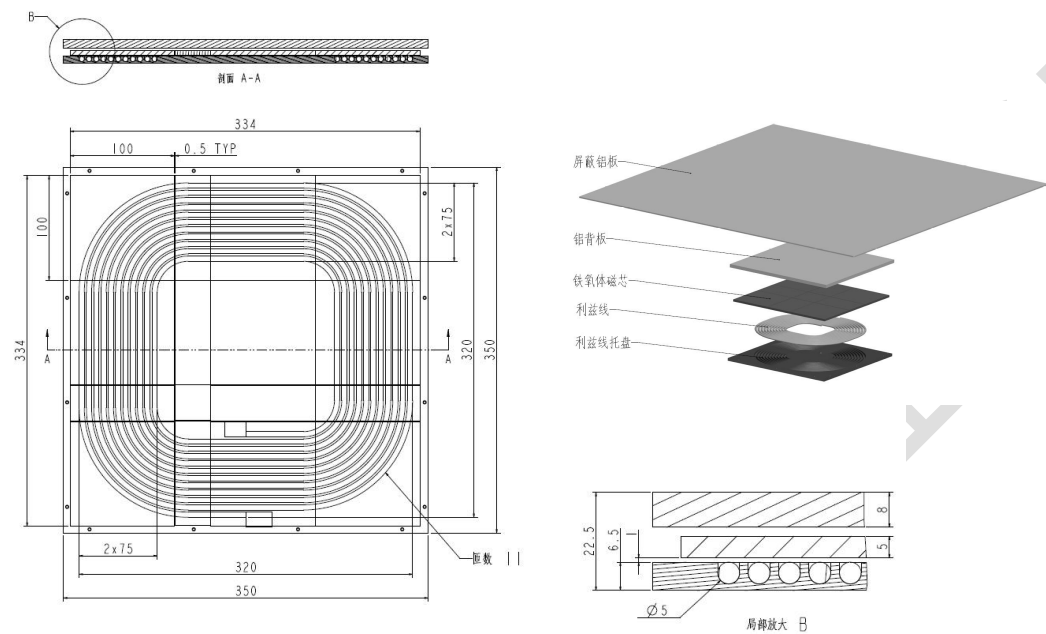


图 B. 2 MF-WPT1 Z2 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT1 Z2 车载参考设备的中心对准点应为图 B.2 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT1 Z2 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 140—210mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B. 1. 4 MF-WPT1 Z3 车载参考设备机械结构

MF-WPT1 Z3 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.3 设计。

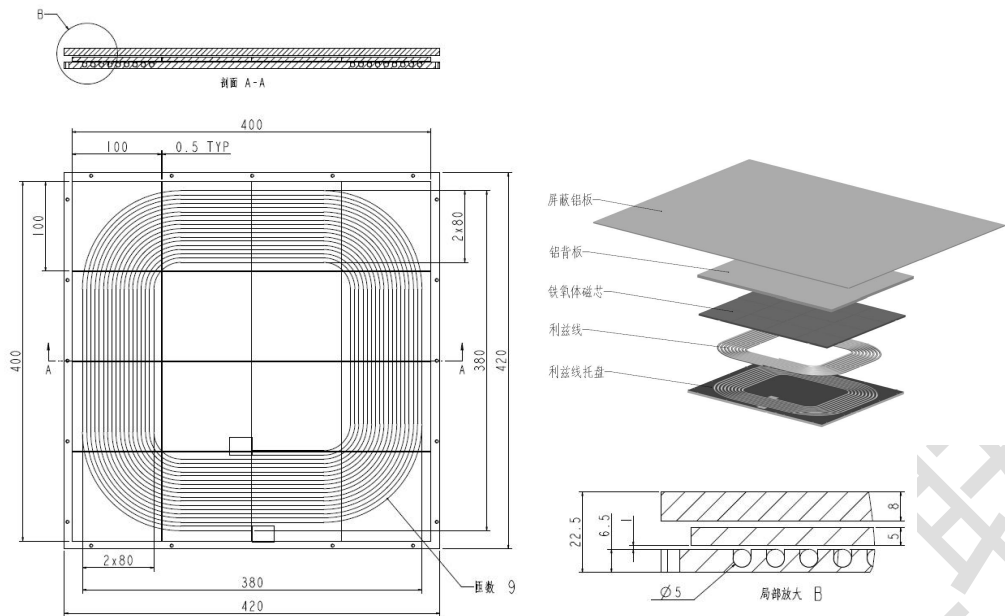


图 B.3 MF-WPT1 Z3 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT1 Z3 车载参考设备的中心对准点应为图 B.3 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT1 Z3 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 170—250mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B.1.5 MF-WPT1 车载参考设备的电路设计

MF-WPT1 车载参考设备的主电路应按照图 B.4 设计。

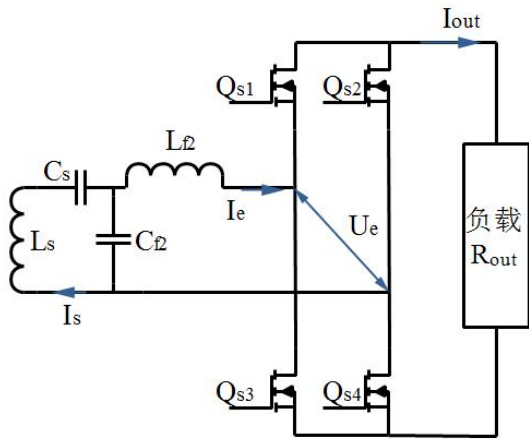


图 B.4 MF-WPT1 车载参考设备的主电路拓扑

车载参考设备谐振补偿网络的电气参数应参照表 B.1 设计。

表 B.1 车载参考设备的电气规格参数

参数	Z1	Z2	Z3
Cs[nF]	178.3	81.3	95.6
Cf2[nF]	173.5	158	169
Lf2[uH]	20	21.9	20.5

与附录 A 中的地面参考设备构成 MF-WPT 系统时，MF-WPT1 车载参考设备的电气参数应符合表 B.2 的要求。

表 B.2 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	Ls_min[μH]	Ls_max[μH]
Z1	40.7	43.6
Z2	67.7	70.2
Z3	61.4	63.4

车载参考设备各个模块的电气参数范围应满足表 B.3 的要求。

表 B.3 车载参考设备中的电气参数范围

参数	值
最大输出电流 Iout 值	10.6A
最大整流器输入电压 Ue 值	415V
最大整流器输入电压 Ie 值	15A
副边设备线圈最大电流 Is 值	35A

B.2 MF-WPT2 的车载参考设备

B. 2. 1 概述

本章节规定功率等级为 MF-WPT2 的车载参考设备的机械机构、电气参数、结构参数，包括 Z1、Z2、Z3 三个离地间隙类型的车载参考设备。A 类地面设备进行测试时，应采用本章节规定的车载参考设备。

注 1：本章节规定的车载参考设备适用于地面安装方式的 A 类地面设备，地埋安装的 A 类原边设备的车载参考设备在后续版本中规定。

注 2：本章节规定的车载参考设备的额定工作频率为 85.5kHz。

B. 2. 2 MF-WPT2 Z1 车载参考设备机械结构

MF-WPT2 Z1 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.5 设计。

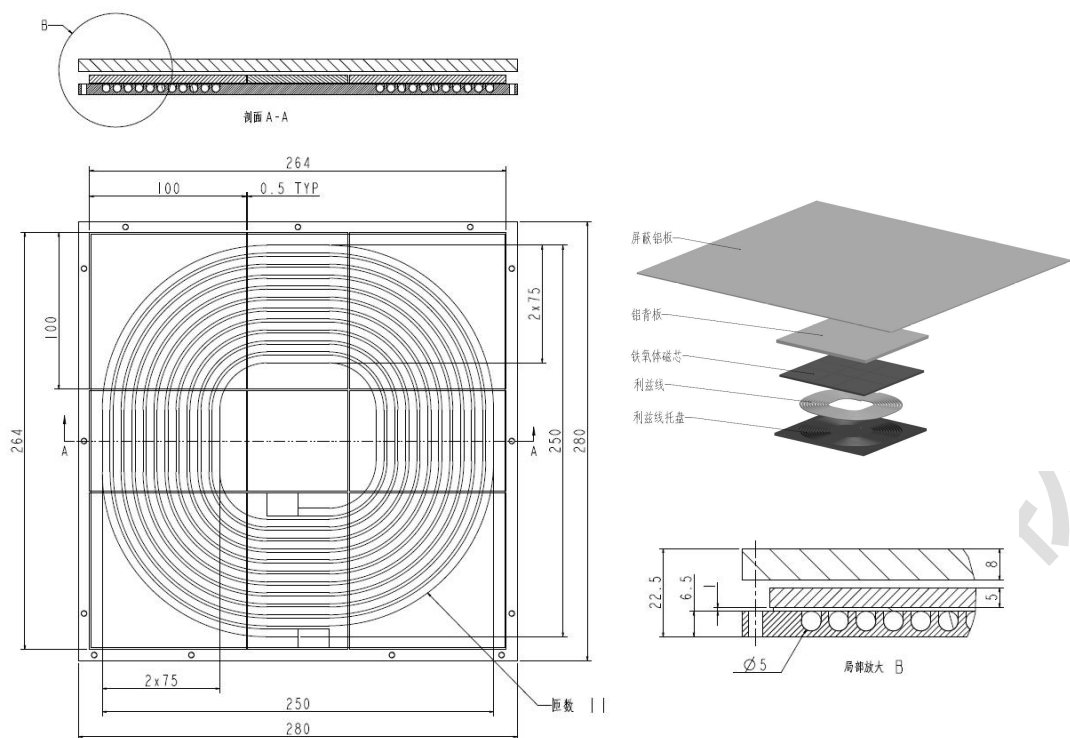


图 B.5 MF-WPT2 Z1 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT2 Z1 车载参考设备的中心对准点应为图 B.5 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT2 Z1 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 100—150mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B.2.3 MF-WPT2 Z2 车载参考设备机械结构

MF-WPT2 Z2 的车载参考设备的机械结构应按照国家设计。

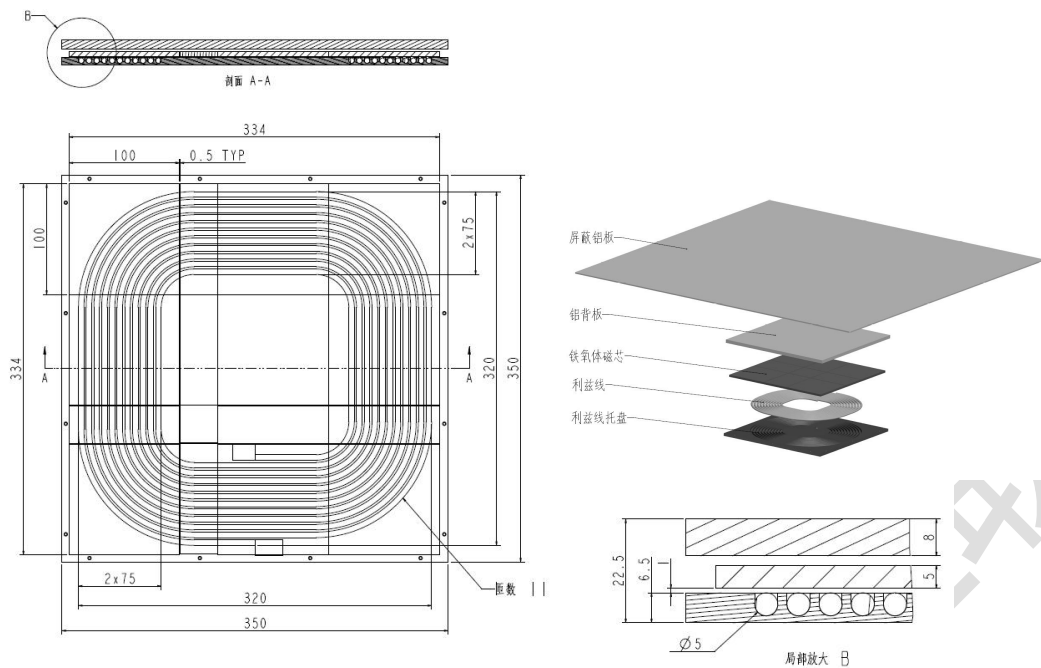


图 B.6 MF-WPT2 Z2 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT2 Z2 车载参考设备的中心对准点应为图 B.6 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT2 Z2 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 140—210mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B.2.4 MF-WPT2 Z3 车载参考设备机械结构

MF-WPT2 Z3 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.7 设计。

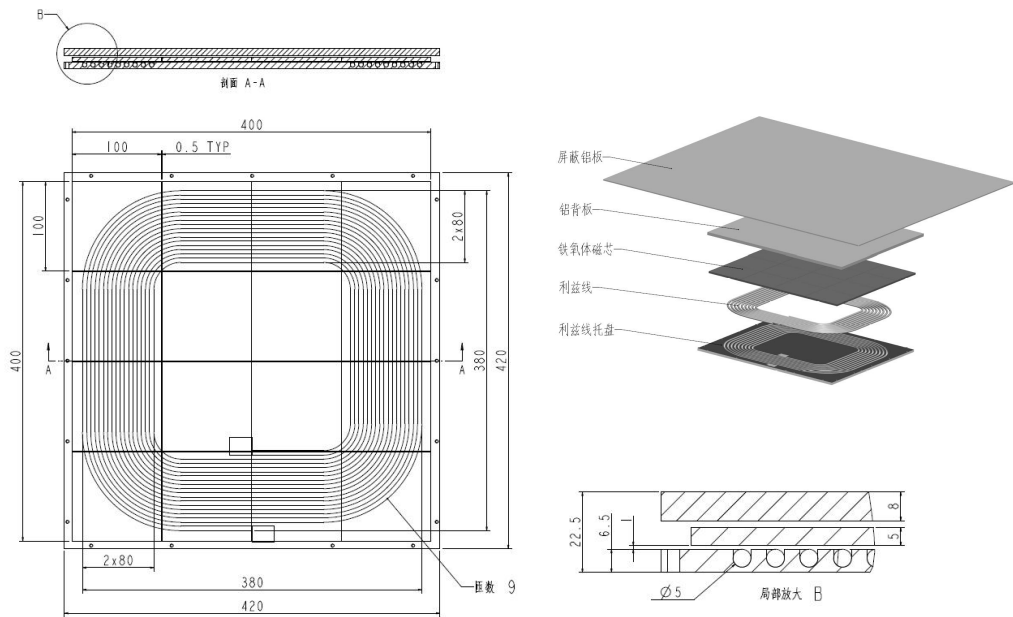


图 B.7 MF-WPT2 Z3 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT2 Z3 车载参考设备的中心对准点应为图 B.7 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT2 Z3 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 170—250mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B. 2. 5 MF-WPT2 车载参考设备的电路设计

MF-WPT2 车载参考设备的主电路应按照图 B.8 设计。

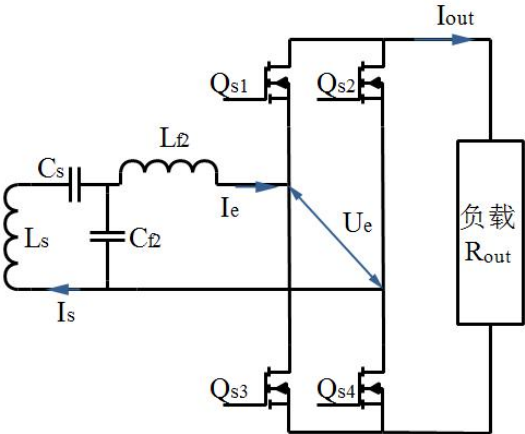


图 B.8 MF-WPT2 车载参考设备的主电路拓扑

车载参考设备谐振补偿网络的电气参数应按照表 B.4 设计。

表 B.4 车载参考设备的电气规格参数

参数	Z1	Z2	Z3
Cs[nF]	120.8	62.9	73.5
Cf2[nF]	268.1	244	247
Lf2[uH]	13	14.2	14

与附录 A 中的地面参考设备构成 MF-WPT 系统时，MF-WPT2 车载参考设备的电气参数应符合表 B.5 的要求。

表 B.5 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	Ls_min[μH]	Ls_max[μH]
Z1	40.7	43.6
Z2	67.7	70.2
Z3	61.4	63.4

车载参考设备各个模块的电气参数范围应满足表 B.6 的要求。

表 B.6 车载参考设备中的电气参数范围

参数	值
最大输出电流 Iout 值	21.2A
最大整流器输入电压 Ue 值	385V

B.3.3 MF-WPT3 Z2 车载参考设备机械结构

MF-WPT3 Z2 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.10 设计。

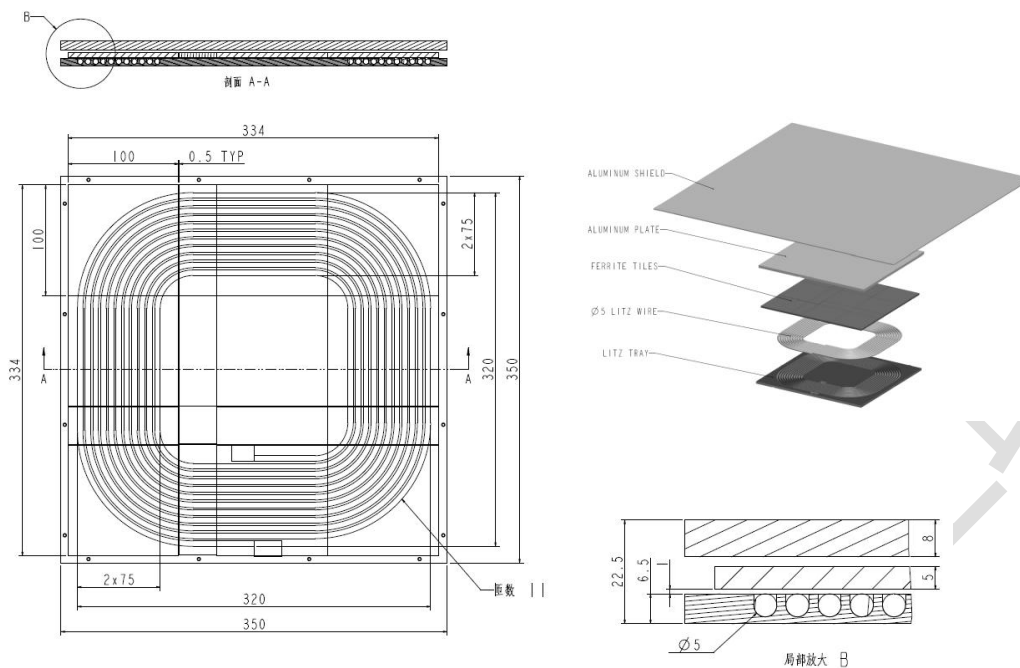


图 B.10 MF-WPT3 Z2 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT3 Z2 车载参考设备的中心对准点应为图 B.10 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT3 Z2 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 140—210mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B.3.4 MF-WPT3 Z3 车载参考设备机械结构

MF-WPT3 Z3 的车载参考设备的机械结构应按照图 B.11 设计。

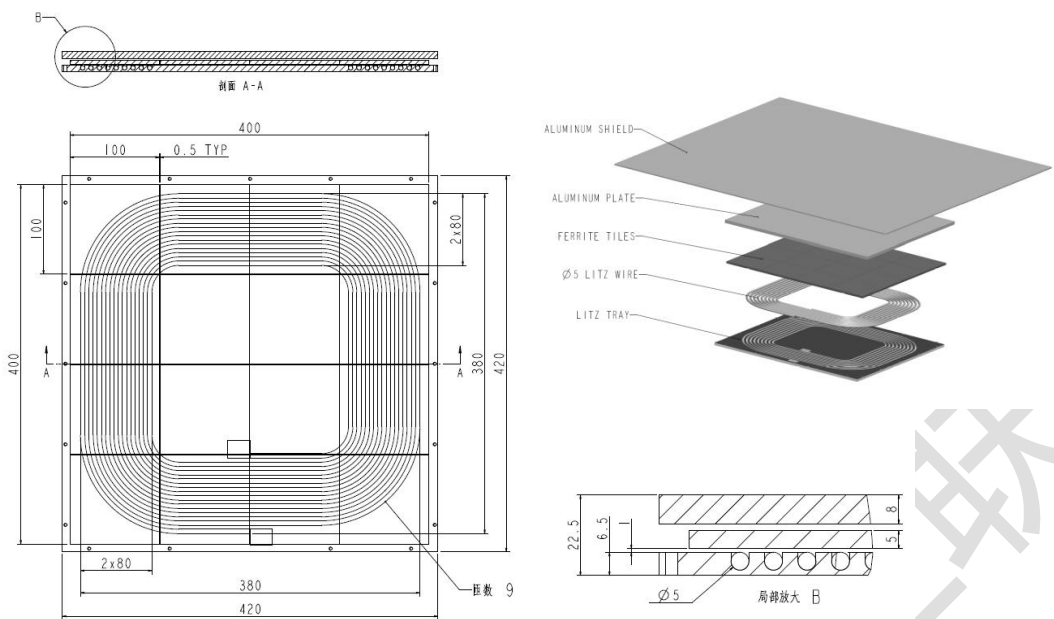


图 B.11 MF-WPT3 Z3 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT3 Z3 车载参考设备的中心对准点应为图 B.11 所示的副边线圈的物理中心点，中心对准点的坐标为 $x=0\text{mm}$ 、 $y=0\text{mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT3 Z3 的车载参考设备进行测试时，应能在离地间隙 170—250mm、输出电压范围 320—500V、对准容忍区域内实现满功率输出。

注：其它输出电压范围满功率输出的车载参考设备机械结构不在本部分规定。

B.3.5 MF-WPT3 车载参考设备的电路设计

MF-WPT3 车载参考设备的主电路应按照图 B.12 设计。

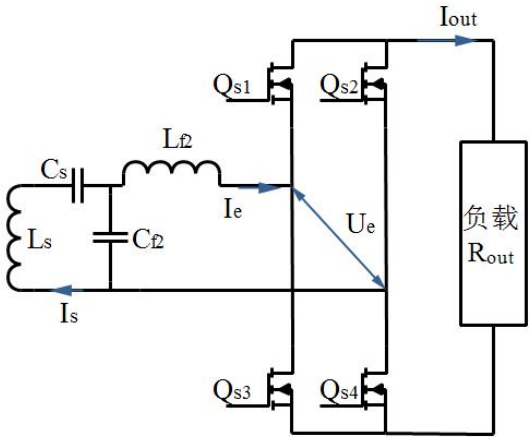


图 B.12 MF-WPT3 车载参考设备的主电路拓扑

车载参考设备谐振补偿网络的电气参数应按照表 B.7 设计。

表 B.7 车载参考设备的电气规格参数

参数	Z1	Z2	Z3
Cs[nF]	105.5	58.3	66.7
Cf2[nF]	311	361.0	373.5

Lf2[μH]	10.2	9.6	9.25
---------	------	-----	------

与附录 A 中的地面参考设备构成 MF-WPT 系统时，MF-WPT3 车载参考设备的电气参数应符合表 B.8 的要求。

表 B.8 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	Ls_min[μH]	Ls_max[μH]
Z1	43.4	47.8
Z2	67.7	70.2
Z3	61.4	63.4

车载参考设备各个模块的电气参数范围应满足表 B.9 的要求。

表 B.9 车载参考设备中的电气参数范围

参数	值
最大输出电流 I _{out} 值	32A
最大整流器输入电压 U _e 值	415V
最大整流器输入电压 I _e 值	45A
副边设备线圈最大电流 I _s 值	75A

附录 C

（资料性附录）

测试记录

C.1 系统效率测试

无偏移条件下，系统效率测试记录见表 C. 1。

表 C. 1 不同功率段、不同气隙下的系统效率测试

输出功率	原、副边气隙	系统效率
50%额定输出功率	标称值	
75%额定输出功率	标称值	
100%额定输出功率	标称值	
50%额定输出功率	最小机械气隙值	
75%额定输出功率	最小机械气隙值	
100%额定输出功率	最小机械气隙值	
50%额定输出功率	最大机械气隙值	
75%额定输出功率	最大机械气隙值	
100%额定输出功率	最大机械气隙值	

额定输入、额定输出条件下，MF-WPT 系统在 X/Y 轴偏移条件下的系统效率测试见表 C. 2。

表 C. 2 X/Y/Z 轴偏移条件下的系统效率测试

X 轴偏移	Y 轴偏移	偏转角度	Z 轴偏移	系统效率
0mm	25mm		最小机械气隙值	
0mm	50mm		最小机械气隙值	
0mm	75mm		最小机械气隙值	
0mm	100mm		最小机械气隙值	
0mm	25mm		标称值	
0mm	50mm		标称值	
0mm	75mm		标称值	
0mm	100mm		标称值	
0mm	25mm		最大机械气隙值	
0mm	50mm		最大机械气隙值	
0mm	75mm		最大机械气隙值	
0mm	100mm		最大机械气隙值	
25mm	25mm		最小机械气隙值	
25mm	50mm		最小机械气隙值	
25mm	75mm		最小机械气隙值	

25mm	100mm		最小机械气隙值	
25mm	25mm		标称值	
25mm	50mm		标称值	
25mm	75mm		标称值	
25mm	100mm		标称值	
25mm	25mm		最大机械气隙值	
25mm	50mm		最大机械气隙值	
25mm	75mm		最大机械气隙值	
25mm	100mm		最大机械气隙值	
注 1: X 轴以 25mm 为步长, 逐步偏移至±75mm 为止。 注 2: Y 轴以 25mm 为步长, 逐步偏移至±100mm 为止。 注 3: 偏转角度为 0° 或者 10°。 注 4: Z 轴偏移选取最小值、标称值、最大值三个测试值。 注 5: 偏移值允许±2mm 的误差。				

C.2 功率因数测试

额定输入条件下, MF-WPT 系统在不同功率段、不同气隙下的无偏移条件下的功率因数测试见表 C.3。

表 C.3 不同功率段、不同气隙下的功率因数测试

输出功率	原、副边气隙	功率因数
50%额定输出功率	标称值	
75%额定输出功率	标称值	
100%额定输出功率	标称值	
50%额定输出功率	最小机械气隙值	
75%额定输出功率	最小机械气隙值	
100%额定输出功率	最小机械气隙值	
50%额定输出功率	最大机械气隙值	
75%额定输出功率	最大机械气隙值	
100%额定输出功率	最大机械气隙值	

额定输入、额定输出条件下, MF-WPT 系统在 X/Y 轴偏移条件下的功率因数测试见表 C.4。

表 C.4 X/Y/Z 轴偏移条件下的功率因数测试

X 轴偏移	Y 轴偏移	偏转角度	Z 轴偏移	功率因数
0mm	25mm		最小机械气隙值	
0mm	50mm		最小机械气隙值	
0mm	75mm		最小机械气隙值	

0mm	100mm		最小机械气隙值	
0mm	25mm		标称值	
0mm	50mm		标称值	
0mm	75mm		标称值	
0mm	100mm		标称值	
0mm	25mm		最大机械气隙值	
0mm	50mm		最大机械气隙值	
0mm	75mm		最大机械气隙值	
0mm	100mm		最大机械气隙值	
25mm	25mm		最小机械气隙值	
25mm	50mm		最小机械气隙值	
25mm	75mm		最小机械气隙值	
25mm	100mm		最小机械气隙值	
25mm	25mm		标称值	
25mm	50mm		标称值	
25mm	75mm		标称值	
25mm	100mm		标称值	
25mm	25mm		最大机械气隙值	
25mm	50mm		最大机械气隙值	
25mm	75mm		最大机械气隙值	
25mm	100mm		最大机械气隙值	
注 1：X 轴以 25mm 为步长，逐步偏移至±75mm 为止。 注 2：Y 轴以 25mm 为步长，逐步偏移至±100mm 为止。 注 3：偏转角度为 0° 或者 10°。 注 4：Z 轴偏移选取最小值、标称值、最大值三个测试值。 注 5：偏移值允许±2mm 的误差。				

C.3 谐波电流限值测试

额定输入、额定输出条件下，MF-WPT 系统在标称气隙的无偏移条件下的谐波电流限值测试见表 C.5。

表C.5 谐波电流限值测试

谐波次数	L1		L2		L3	
	含有率 %		含有率 %		含有率 %	
	总含有率：		总含有率：		总含有率：	
	偶数	奇数	偶数	奇数	偶数	奇数
2/3						
4/5						

6/7						
8/9						
10/11						
12/13						
14/15						
16/17						
18/19						
20/21						
22/23						
24/25						
26/27						
28/29						
30/31						
32/33						
34/35						
36/37						
38/39						
注：单相电输入时，仅填L1对应项。						

中国智能交通产业联盟
标准
中小型客车自动驾驶无线充电技术要求

T/ITS XXXX-XXXX

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org.cn>

2021 年 X 月第一版 2021 年 X 月第一次印刷