

中华人民共和国国家标准

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 车辆端

Electric vehicle wireless power transfer—
Part 7: Interoperability requirements and testing—Vehicle side

2021-10-11 发布

2022-05-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 通则	2
5.1 系统架构	2
5.2 分类	3
6 要求	4
6.1 车载参考设备要求	4
6.2 安全要求	5
6.3 输出功率要求	5
6.4 系统效率要求	5
7 试验准备	6
7.1 频率设置	6
7.2 对准容忍区域与对准点设置	6
7.3 输出电压测量点选择	7
7.4 测试对象功能及预检	7
7.5 测试装置布置	7
8 测试方法	8
8.1 安全测试	8
8.2 系统效率及输出功率测试	8
附录 A (规范性) MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 的车载参考设备	10
A.1 MF-WPT1 的车载参考设备	10
A.2 MF-WPT2 的车载参考设备	13
A.3 MF-WPT3 的车载参考设备	16
附录 B (资料性) 测试对象功能及预检	20
B.1 初始对位预检方法	20
B.2 配对预检	23
B.3 兼容性检测预检	23
B.4 功率传输	23
附录 C (资料性) 频率检测及频率锁定	24

GB/T 38775.7—2021

C.1 通则·····	24
C.2 频率检测及频率锁定步骤·····	24
C.3 频率检测及频率锁定实现方法·····	25
参考文献·····	27



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》的规定起草。

本文件是 GB/T 38775《电动汽车无线充电系统》的第 7 部分。GB/T 38775 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：通用要求；
- 第 2 部分：车载充电机和无线充电设备之间的通信协议；
- 第 3 部分：特殊要求；
- 第 4 部分：电磁环境限值与测试方法；
- 第 5 部分：电磁兼容性要求和试验方法；
- 第 6 部分：互操作性要求及测试 地面端；
- 第 7 部分：互操作性要求及测试 车辆端。

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专利的责任。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本文件起草单位：中兴新能源科技有限公司、上海汽车集团股份有限公司技术中心、中国第一汽车集团有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司、中国电力科学研究院有限公司、中汽研汽车检验中心(天津)有限公司、哈尔滨工业大学、华为技术有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、中惠创智无线供电技术有限公司、日产(中国)投资有限公司、上海万暨电子科技有限公司、吉利汽车研究院(宁波)有限公司、厦门新页科技有限公司、北京有感科技有限责任公司、东风汽车集团股份有限公司。

本文件主要起草人：胡超、汪国康、梁士福、兰昊、黄晓华、孔治国、魏斌、宋凯、吴巍峰、朱春波、武志贤、范春鹏、杨国勋、代康伟、李川、张宝强、胡越、周德勇、陈家威、谭品斌、寇秋林、李正军、林桂江、李江、陆钧、顾明磊。

引 言

GB/T 38775 旨在确立电动汽车无线充电系统的要求、测试方法、互操作性等要求,拟由九个部分组成:

- 第 1 部分:通用要求。目的在于规定电动汽车无线充电系统的总体要求。
- 第 2 部分:车载充电机和无线充电设备之间的通信协议。目的在于规定电动汽车无线充电系统地面通信控制单元(CSU)与车载通信控制单元(IVU)之间实现无线充电控制的通信协议,也规定了无线充电控制管理系统(WCCMS)参与无线充电控制的通信协议。
- 第 3 部分:特殊要求。目的在于规定电动汽车无线充电系统所特有的安全要求及测试方法。
- 第 4 部分:电磁环境限值与测试方法。目的在于规定电动汽车无线充电系统在充电时,电动汽车内、外的电磁环境限值和测试方法。
- 第 5 部分:电磁兼容性要求和试验方法。目的在于规范电动汽车无线充电系统电磁兼容性要求,统一测试方法及判定依据。
- 第 6 部分:互操作性要求及测试地面端。目的在于规定电动汽车无线充电系统车载参考设备,以及原边被测部件为满足互操作性应满足的要求和测试方法。
- 第 7 部分:互操作性要求及测试车辆端。目的在于规定电动汽车无线充电系统地面参考设备,以及副边被测部件为满足互操作性应满足的要求和测试方法。
- 第 8 部分:通信一致性测试 地面端。目的在于规定地面端被测设备的通信一致性测试方法。
- 第 9 部分:通信一致性测试 车辆端。目的在于规定车辆端被测设备的通信一致性测试方法。

电动汽车无线充电系统

第7部分：互操作性要求及测试 车辆端

1 范围

本文件规定了电动汽车无线充电系统车辆端的互操作性要求及测试,包括系统架构、分类、技术要求、试验准备、互操作性测试、车载参考设备等。

本文件适用于电动汽车静态磁耦合无线充电系统,其供电电源额定电压最大值为1 000 V(AC)或1 500 V(DC),额定输出电压最大值500 V(DC),其他额定输出电压参考执行。

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/T 19596 电动汽车术语

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 38775.2—2020 电动汽车无线充电系统 第2部分:车载充电机和无线充电设备之间的通信协议

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 38775.5 电动汽车无线充电系统 第5部分:电磁兼容性要求和试验方法

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 地面端

3 术语和定义

GB/T 19596、GB/T 38775.1—2020、GB/T 38775.2—2020、GB/T 38775.3—2020、GB/T 38775.6—2021界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

互操作性 interoperability

相同或不同型号、版本的无线充电系统地面设备与车载设备通过信息交互和过程控制,实现电动汽车无线充电互联互通的能力。

[来源:GB/T 34657.2—2017,3.1,有修改]

3.2

原边线圈 primary coil

由一匝或多匝绕线绕制形成的能够产生电磁场的线圈。

注:原边线圈是MF-WPT系统原边设备的部件。

[来源:GB/T 38775.6—2021,3.2]

3.3

副边线圈 secondary coil

由一匝或多匝绕线绕制形成的能够接收电磁场的线圈。

注：副边线圈是 MF-WPT 系统副边设备的部件。

[来源：GB/T 38775.6—2021, 3.3]

3.4

对准容忍区域 alignment tolerance area

MF-WPT 系统可以在 X 轴和 Y 轴方向上满足互操作性要求进行无线电能传输的区域。

[来源：GB/T 38775.6—2021, 3.10]

3.5

初始对位检测 initial alignment check

车辆停止后, MF-WPT 系统确定其原边设备和副边设备在对准容忍区域范围内的过程。

3.6

配对 pairing

车载设备与充电位中对应的地面设备的匹配过程。

3.7

地面参考设备 off-board reference device

与待测试车载设备构成 MF-WPT 系统的测试设备。

注：GB/T 38775.6—2021 中附录 A 给出了地面参考设备的设计。

3.8

车载参考设备 on-board reference device

与待测试地面设备构成 MF-WPT 系统的测试设备。

注：附录 A 给出了车载参考设备的设计。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CN: 补偿网络 (Compensation Network)

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

INV: 逆变器 (Inverter)

IVU: 车载通信控制单元 (In-Vehicle Unit)

MF-WPT: 以磁场为介质的无线电能传输 (Wireless Power Transfer Through Magnetic Field)

PFC: 功率因数校正 (Power Factor Correction)

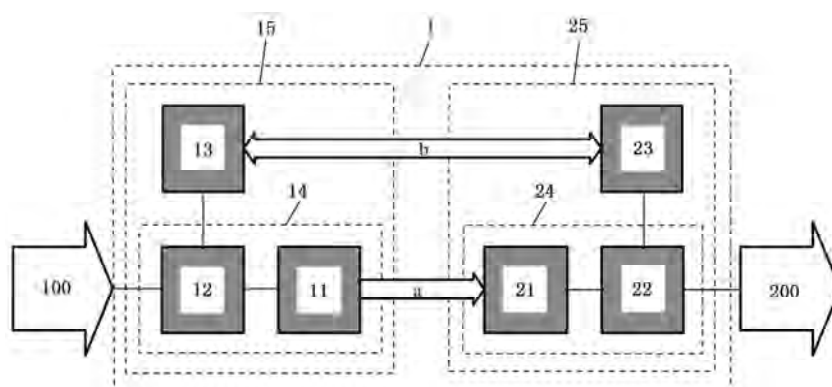
PPC: 功率接收控制器 (Power Pick-up Controller)

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

5 通则

5.1 系统架构

图 1 所示为 MF-WPT 的系统架构及组件。



标引序号说明：

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

图 1 MF-WPT 系统架构及组件

5.2 分类

5.2.1 输出功率等级分类

按照 MF-WPT 系统额定输出功率,车载设备可分为不同的功率等级,如表 1 所示。

表 1 车载设备输出功率等级

输出功率等级分类	输出功率 P_{out} /kW
MF-WPT1—VA	$P_{out} < 3.7$
MF-WPT2—VA	$2.96 \leq P_{out} < 7.7$
MF-WPT3—VA	$6.16 \leq P_{out} < 11.1$
MF-WPT4—VA	TBD

注：TBD 表示待定。

注：MF-WPT 系统输入功率等级分类已在 GB/T 38775.1—2020 中规定。

5.2.2 车载设备分类

车载设备可分为 A 类和 B 类,其中:

a) A 类车载设备

A 类车载设备应满足系统性能和系统安全性的要求,A 类车载设备应满足与 GB/T 38775.6—2021 中附录 A 的地面参考设备的互操作性。

b) B 类车载设备

B 类车载设备应满足系统性能和系统安全性的要求,B 类车载设备不满足与 GB/T 38775.6—2021 中附录 A 的地面参考设备的互操作性。

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

注 2: 系统性能包括系统效率、输出功率、功率因数、对准容忍区域范围等。

注 3: 系统安全性包括电击防护、过载保护和短路承受、温升和过热、机械事故防护、电磁环境安全等。

车载设备与地面参考设备构成 MF-WPT 系统时,应支持地面参考设备满足性能、安全的要求。

5.2.3 离地间隙分类

按照不同的离地间隙,车载参考设备可分为四类,如表 2 所示。

表 2 离地间隙分类

离地间隙分类	副边设备的离地间隙 Z/mm
Z1	$100 \leq Z \leq 150$
Z2	$140 \leq Z \leq 210$
Z3	$170 \leq Z \leq 250$
Z4	$Z > 250$

注: 本文件车载参考设备的离地间隙仅考虑 Z1、Z2 和 Z3 三个类型。

6 要求

6.1 车载参考设备要求

车载参考设备应按照附录 A 的要求进行设计。对于车载参考设备,与不同的地面设备之间的互操作性应满足表 3 的要求。

表 3 离地间隙的互操作性

车载设备	Z1(地面参考设备)	Z2(地面参考设备)	Z3(地面参考设备)	Z4(地面参考设备)
Z1	Y	Y	Y	TBD
Z2	N	Y	Y	TBD
Z3	N	N	Y	TBD
Z4	TBD	TBD	TBD	TBD

注 1: Z4 等级的离地间隙互操作性不在本版本中规定。
 注 2: Y 表示支持,N 表示可不支持。
 注 3: TBD 表示待定。

6.2 安全要求

A类车载设备的安全要求应按照 8.1 规定的测试方法进行测试。

A类车载设备的安全测试结果应符合 GB/T 38775.1—2020 中第 10 章安全要求、GB/T 38775.3—2020 中 5.8.6 活体保护以及 GB/T 38775.4—2020 中 4.2 限值符合性要求、第 5 章限值的规定。

6.3 输出功率要求

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 0.25 kW/s 的功率启动。

且 A类车载设备的额定输出功率应满足表 4 的规定,其中:

1) 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。

2) 输出功率等级为 MF-WPT2 的 A类车载设备应满足:

——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;

——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 2.96 kW 的额定功率输出。

3) 输出功率等级为 MF-WPT3 的 A类车载设备应满足:

——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;

——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 6.16 kW 的额定功率输出;

——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 2.96 kW 的额定功率输出。

B类车载设备的输出功率由设备制造商和用户协商确定。

表 4 A类车载设备额定输出功率

车载设备	地面参考设备			
	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	$2.96 \text{ kW} \leq P_{out} < 3.7 \text{ kW}$	$2.96 \text{ kW} < P_{out} \leq P_{s2max}$	$2.96 \text{ kW} < P_{out} \leq P_{s2max}$	TBD
MF-WPT3	$2.96 \text{ kW} \leq P_{out} < 3.7 \text{ kW}$	$6.16 \text{ kW} < P_{out} < 7.7 \text{ kW}$	$6.16 \text{ kW} < P_{out} \leq P_{s3max}$	TBD
MF-WPT4	TBD	TBD	TBD	TBD

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

6.4 系统效率要求

MF-WPT 系统效率是指车载设备(图 1 中模块 25)输出功率与地面设备(图 1 中模块 15)输入功率的比值,其测试点应依据 GB/T 38775.1—2020 中 5.2 的规定选定。

A 类车载设备与 GB/T 38775.6—2021 中附录 A 中地面参考设备构成的 MF-WPT 系统进行效率测试时应按照 8.2 规定的测试方法进行。效率测试时,应测试车辆需求的充电电压范围(最低电压至最高电压),且系统效率应满足表 5 的规定,其中,地面参考设备的异物检测、活体保护功能应处于工作状态。

表 5 系统效率

对准情况	系统效率
中心对准点	≥85%
对准容忍区域	≥80%

7 试验准备

7.1 频率设置

车载设备的工作频率应按照表 6 中规定的标称频率设置。

MF-WPT 系统在工作状态时应采用定频工作模式,系统工作频率应按照表 6 中规定的标称频率设置。

表 6 频率

频率类型	频率值/kHz
标称频率	f_0
f_0 为标称频率值,其值待定,误差不应超过 0.05 kHz。	

7.2 对准容忍区域与对准点设置

A 类车载设备的对准容忍区域应由设备制造商提供,且提供的偏移范围应至少满足表 7 的要求。

表 7 偏移范围

坐标	偏移范围/mm
X	-75~75
Y	-100~100

图 2 所示为原边线圈和副边线圈的中心对准点示意图。

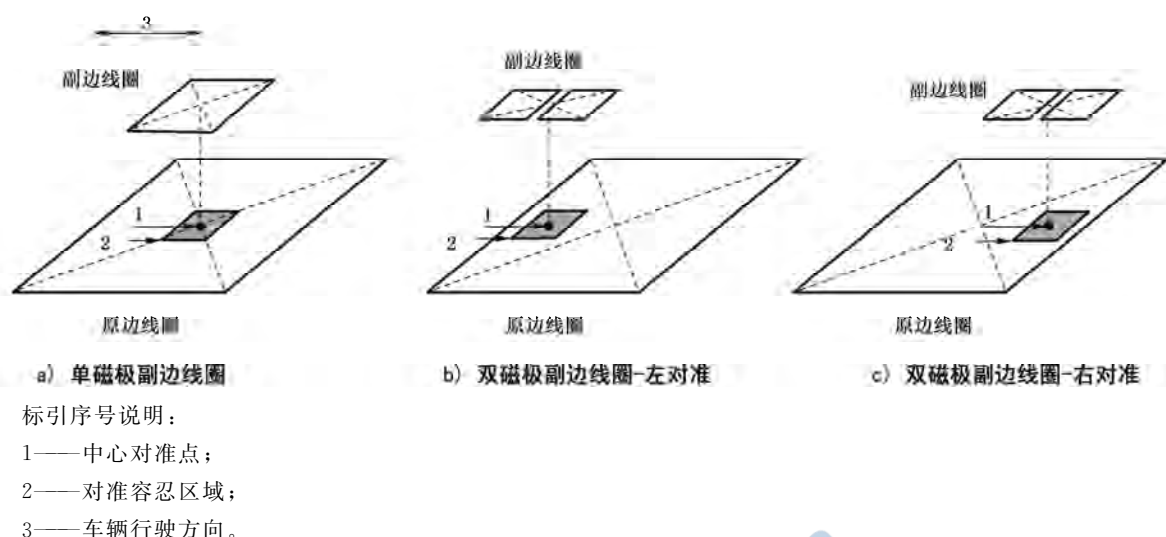


图2 中心对准点示意图

A类车载设备进行互操作性测试时的中心对准点应在设备表面进行标记,应为副边线圈的几何中心点或由设备制造商指定,在测试时中心对准点的坐标应为 $X=0$ 、 $Y=0$ 。

B类车载设备进行测试时的中心对准点宜在设备表面进行标记。

7.3 输出电压测量点选择

互操作性测试时, MF-WPT 系统输出电压的测量点应按照 GB/T 38775.6—2021 中 7.3 的规定选择。

注: 对于超过 500 V 的充电电压, 系统输出电压测试点由设备制造商提供。

7.4 测试对象功能及预检

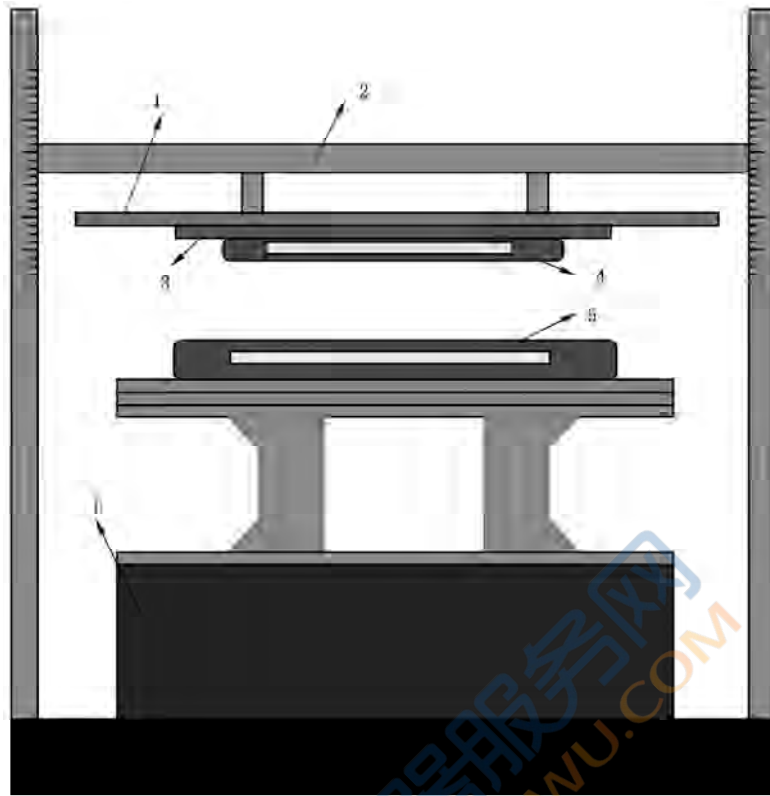
A类车载设备进行互操作性测试之前, 宜完成初始对位检测功能、配对功能、兼容性及功率传输的检测, 初始对位检测的要求及测试方法宜参照附录 B 中 B.1 执行, 配对功能、兼容性检测及功率传输宜参照 B.2~B.4 的规定执行。

7.5 测试装置布置

互操作性测试时, 需要采用模拟底盘的材料或组件来代替车辆底盘, 车载设备应安装在模拟底盘的材料或组件上。模拟底盘的材料或组件包括屏蔽组件、钢板两部分。屏蔽组件可采用图 3 所示的屏蔽板, 亦可由设备制造商提供; 若屏蔽组件由设备制造商提供, 应在测试报告中注明, 互操作性测试中, 地面参考设备应包含外壳等所有组件。试验负载宜采用电子负载。

MF-WPT 系统互操作性测试的台架布置示意图如图 3 所示。

汽车模拟底板宜采用 16Mn 或类似钢材, 尺寸宜为 1.5 m×1.5 m×0.7 mm, 厚度可增加至 1 mm。屏蔽层宜采用 6061 铝合金或类似铝合金, 尺寸宜为 1.1 m×1.1 m×0.7 mm, 厚度可增加至 1 mm。



标引序号说明：

- 1——汽车模拟底板；
- 2——副边非金属支撑框架；
- 3——屏蔽层；
- 4——车载设备；
- 5——地面参考设备；
- 6——XY 轴定位装置。

注：副边设备、屏蔽层、汽车模拟底板之间应紧密贴合。

图 3 MF-WPT 系统互操作性测试的台架布置示意图

8 测试方法

8.1 安全测试

A 类车载设备与 GB/T 38775.6—2021 中附录 A 的地面参考设备组成 MF-WPT 系统时，其安全测试应按照 GB/T 38775.1—2020 中第 10 章安全要求的规定执行。

车载设备的 IP 等级应按照 GB/T 38775.3—2020 中 8.6.2 及 8.6.4 的规定执行。

电磁环境安全的测试应按照 GB/T 38775.4—2020 中第 6 章测试方法、第 7 章测试结果评定的规定执行。

异物检测的测试应按照 GB/T 38775.6—2021 中 8.2.1 的规定执行。

活体保护的测试应按照 GB/T 38775.6—2021 中 8.2.2 的规定执行。

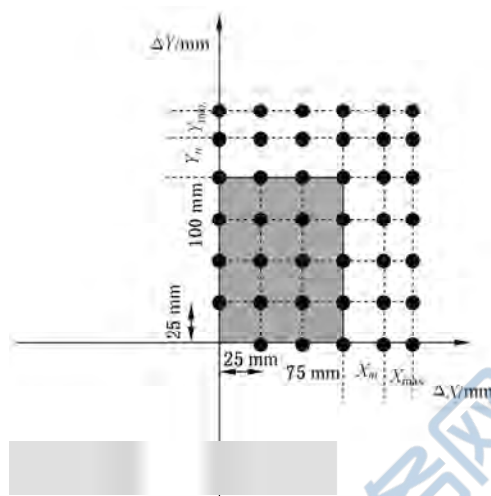
8.2 系统效率及输出功率测试

8.2.1 测试点选择

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 75 mm 和/或 Y 轴方向允许偏移值大于 100 mm, 则应增加测试点数, 增加的测试点如图 4 所示。

测试点应以 25 mm 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 25 mm 的倍数, 则 X、Y 轴的最后测试点可不以 25 mm 作为步长, 应以 X_{\max} 、 Y_{\max} 作为 X、Y 轴的最后测试点。



标引序号说明:

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, $y < 25$ 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, $x < 25$ mm。

图 4 测试点示意图

8.2.2 测试步骤

对于输出电压范围为 $U_{\text{out-min}} \sim U_{\text{out-max}}$ 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:

- 输出电压为 $U_{\text{out-max}}$, 测试车载设备制造商指定的额定离地间隙、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设置的偏转角度下的系统输出功率及系统效率。
- 输出电压为 $0.75 \times U_{\text{out-max}}$, 测试额定离地间隙、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设置的偏转角度下的系统输出功率及系统效率。
- 输出电压为 $U_{\text{out-min}}$, 测试额定离地间隙、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设置的偏转角度下的系统输出功率及系统效率。
- 如果 $U_{\text{out-min}}$ 状态下, MF-WPT 系统无法实现设计的 100% 输出功率, 则测试该状态下的系统最大输出功率; 并按照设备制造商提供的最低满功率输出需求的输出电压进行测试, 测试额定离地间隙、最大离地间隙以及最小离地间隙条件下系统满功率、75% 输出功率以及 50% 输出功率三种状态下所有测试点在设置的偏转角度下的系统输出功率及系统效率。

偏转角度的设置应符合 GB/T 38775.3—2020 中 8.2.3 的规定。

附录 A

(规范性)

MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 的车载参考设备

A.1 MF-WPT1 的车载参考设备

A.1.1 通则

本条款规定功率等级为 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 类地面设备进行互操作性测试时,应采用本章节规定的车载参考设备。

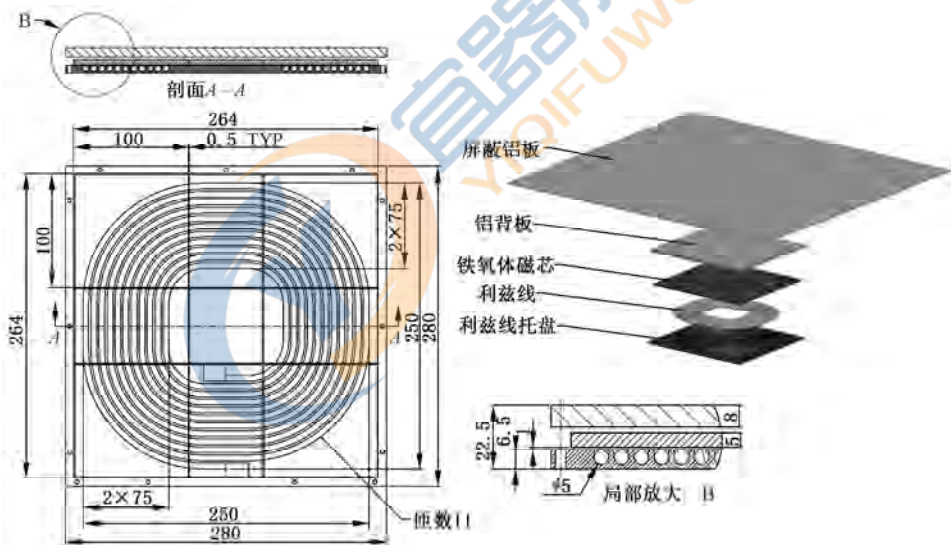
注 1: 本条款规定的车载参考设备适用于地面安装方式的 A 类地面设备,地理安装的 A 类地面设备的车载参考设备在后续版本中规定。

注 2: 本条款规定的车载参考设备的额定工作频率为 85.5 kHz。

A.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 A.1 设计。

单位为毫米



注: 线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯,可能存在损耗过高或过热的问题,设备制造商可根据产品情况自行处理。

图 A.1 MF-WPT1 Z1 的车载参考设备的机械结构

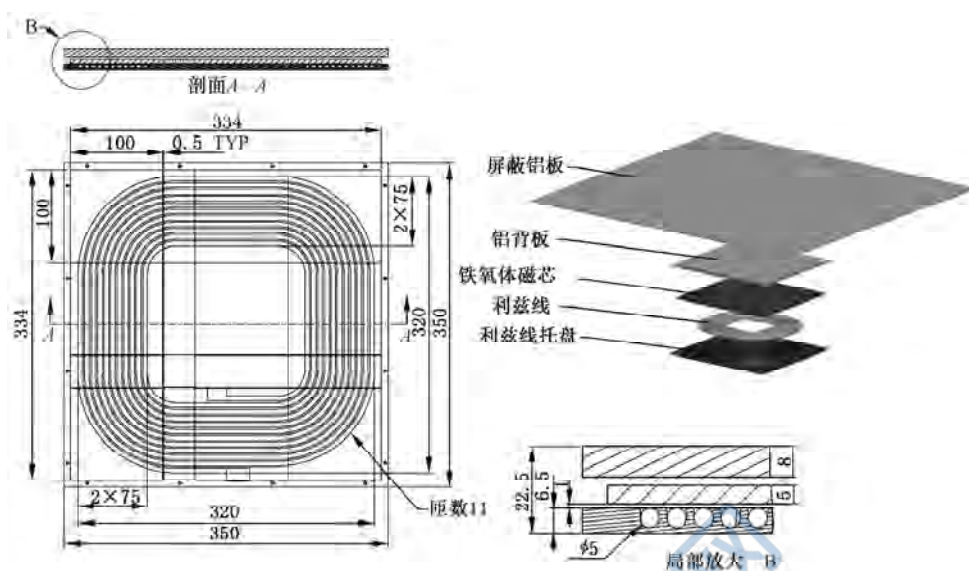
MF-WPT1 Z1 车载参考设备的中心对准点应为图 A.1 所示的副边线圈的几何中心,中心对准点的坐标为 $X=0\text{ mm}$ 、 $Y=0\text{ mm}$ 。

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 mm~150 mm、对准容忍区域内实现系统设计的最大功率输出。

A.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 A.2 设计。

单位为毫米



注：线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯，可能存在损耗过高或过热的问题，设备制造商可根据产品情况自行处理。

图 A.2 MF-WPT1 Z2 的车载参考设备的机械结构

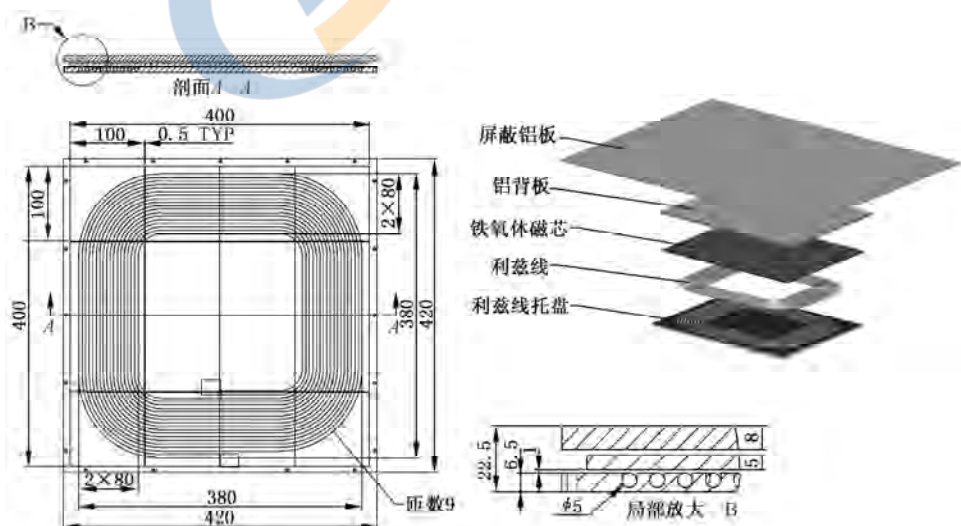
MF-WPT1 Z2 车载参考设备的中心对准点应为图 A.2 所示的副边线圈的几何中心点，中心对准点的坐标为 $X=0\text{ mm}$ 、 $Y=0\text{ mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT1 Z2 的车载参考设备进行测试时，应在离地间隙 140 mm~210 mm、对准容忍区域内实现系统设计的最大功率输出。

A.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参照图 A.3 设计。

单位为毫米



注：线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯，可能存在损耗过高或过热的问题，设备制造商可根据产品情况自行处理。

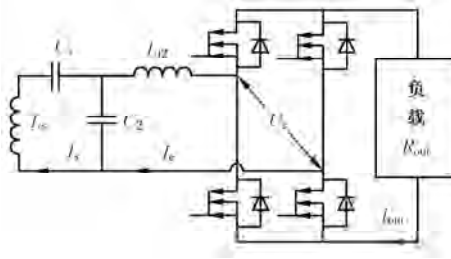
图 A.3 MF-WPT1 Z3 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT1 Z3 车载参考设备的中心对准点应为图 A.3 所示的副边线圈的几何中心点,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 $170\text{ mm}\sim 250\text{ mm}$ 、对准容忍区域内实现系统设计的最大功率输出。

A.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 A.4 设计。



标引序号说明:

- L_s —— 副边线圈自感;
- C_s —— 车载设备补偿电容;
- C_2 —— 车载设备谐振补偿电容;
- L_{f2} —— 车载设备谐振补偿电感;
- U_e —— 车载设备谐振网络输出电压;
- I_e —— 车载设备谐振网络输出电流;
- I_{out} —— 系统输出电流。

图 A.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按照表 A.1 设计。

表 A.1 车载参考设备的电气规格参数

参数	Z1	Z2	Z3
C_s/nF	178.3	81.3	95.6
C_{f2}/nF	173.5	158.0	169.0
$L_{f2}/\mu\text{H}$	20.0	21.9	20.5

与 GB/T 39775.6 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 A.2 的要求。

表 A.2 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	$L_{s_min}/\mu\text{H}$	$L_{s_max}/\mu\text{H}$
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 A.3 的要求。

表 A.3 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	10.6 A
最大整流器输入电压 U_e 值	415.0 V
最大整流器输入电流 I_e 值	15.0 A
副边设备线圈最大电流 I_s 值	35.0 A

A.2 MF-WPT2 的车载参考设备

A.2.1 通则

本章节规定功率等级为 MF-WPT2 的车载参考设备的机械结构、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。

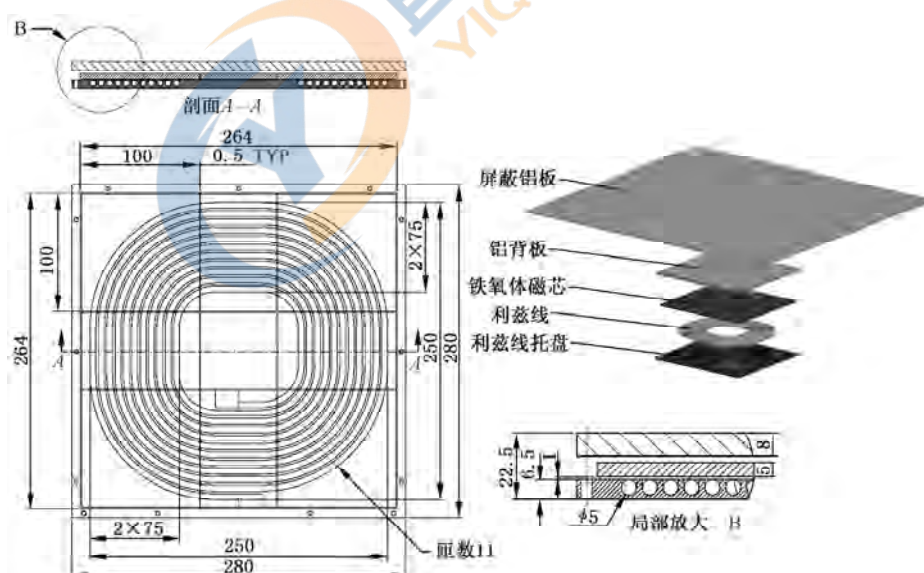
注 1: 本章节规定的车载参考设备适用于地面安装方式的 A 类地面设备,地埋安装的 A 类原边设备的车载参考设备在后续版本中规定。

注 2: 本章节规定的车载参考设备的额定工作频率为 85.5 kHz。

A.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参照图 A.5 设计。

单位为毫米



注: 线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯,可能存在损耗过高或过热的问题,设备制造商可根据产品情况自行处理。

图 A.5 MF-WPT2 Z1 的车载参考设备的机械结构

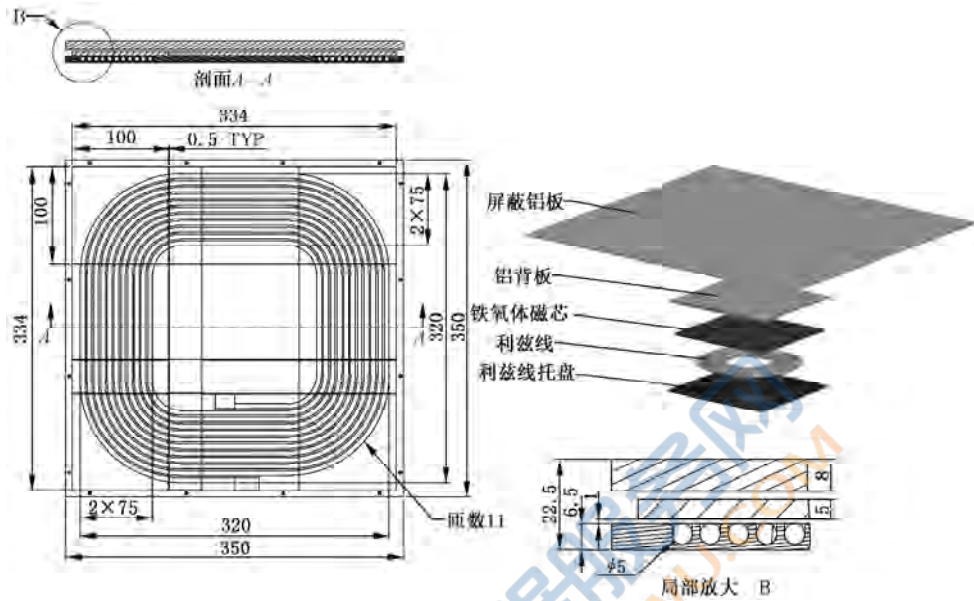
MF-WPT2 Z1 车载参考设备的中心对准点应为图 A.5 所示的副边线圈的几何中心点,中心对准点的坐标为 $X=0\text{ mm}$ 、 $Y=0\text{ mm}$ 。

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 mm~150 mm、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.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图 A.6 设计。

单位为毫米



注：线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯，可能存在损耗过高或过热的问题，设备制造商可根据产品情况自行处理。

图 A.6 MF-WPT2 Z2 的车载参考设备的机械结构

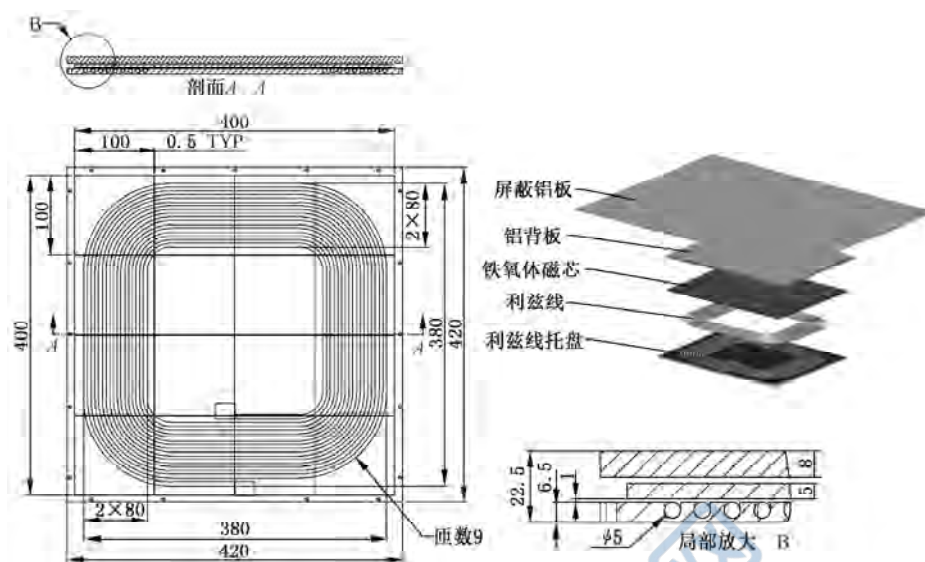
MF-WPT2 Z2 车载参考设备的中心对准点应为图 A.6 所示的副边线圈的几何中心点，中心对准点的坐标为 $X=0\text{ mm}$ 、 $Y=0\text{ mm}$ 。

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 mm~210 mm、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.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 A.7 设计。

单位为毫米



注：线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯，可能存在损耗过高或过热的问题，设备制造商可根据产品情况自行处理。

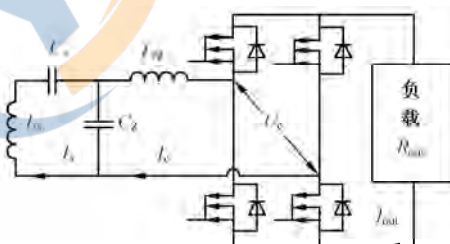
图 A.7 MF-WPT2 Z3 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT2 Z3 车载参考设备的中心对准点应为图 A.7 所示的副边线圈的几何中心点，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 $170\text{ mm}\sim 250\text{ mm}$ 、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.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 A.8 设计。



标引序号说明：

- L_s —— 副边线圈自感；
- C_s —— 车载设备补偿电容；
- C_2 —— 车载设备谐振补偿电容；
- L_{f2} —— 车载设备谐振补偿电感；
- U_e —— 车载设备谐振网络输出电压；
- I_e —— 车载设备谐振网络输出电流；
- I_{out} —— 系统输出电流。

图 A.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 A.4 设计。

表 A.4 车载参考设备的电气规格参数

参数	Z1	Z2	Z3
C_s/nF	120.8	62.9	73.5
C_{l2}/nF	268.1	244.0	247.0
$L_{l2}/\mu\text{H}$	13.0	14.2	14.0

与 GB/T 38775.6—2021 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 A.5 的要求。

表 A.5 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	$L_{s_min}/\mu\text{H}$	$L_{s_max}/\mu\text{H}$
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 A.6 的要求。

表 A.6 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	21.2 A
最大整流器输入电压 U_e 值	385.0 V
最大整流器输入电流 I_e 值	30.0 A
副边设备线圈最大电流 I_s 值	50.0 A

A.3 MF-WPT3 的车载参考设备

A.3.1 通则

本章节规定功率等级为 MF-WPT3 的车载参考设备的机械结构、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。

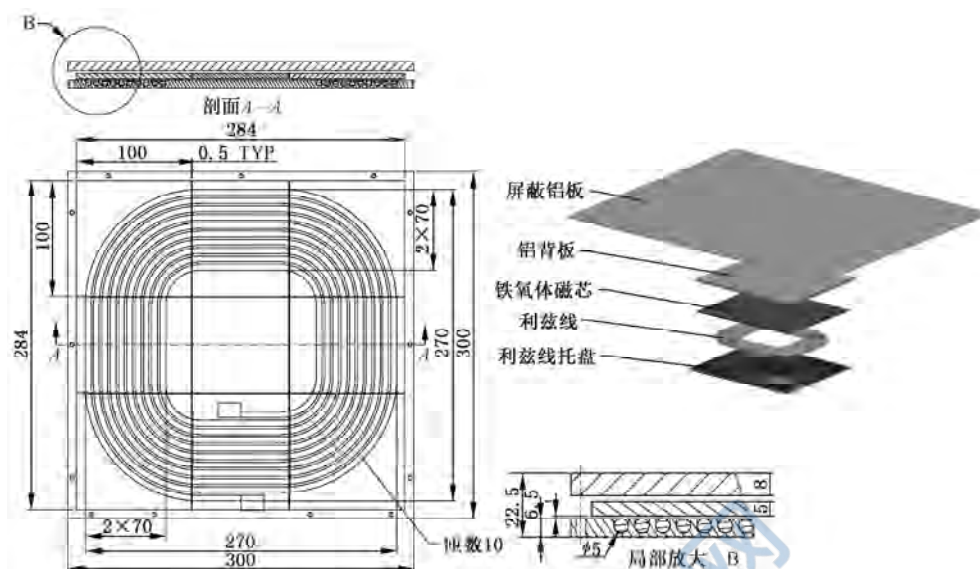
注 1: 本章节规定的车载参考设备适用于地面安装方式的 A 类地面设备,地理安装的 A 类原边设备的车载参考设备在后续版本中规定。

注 2: 本章节规定的车载参考设备的额定工作频率为 85.5 kHz。

A.3.2 MF-WPT3 Z1 车载参考设备机械结构

MF-WPT3 Z1 的车载参考设备的机械结构应按照图 A.9 设计。

单位为毫米



注：线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯，可能存在损耗过高或过热的问题，设备制造商可根据产品情况自行处理。

图 A.9 MF-WPT3 Z1 的车载参考设备的机械结构

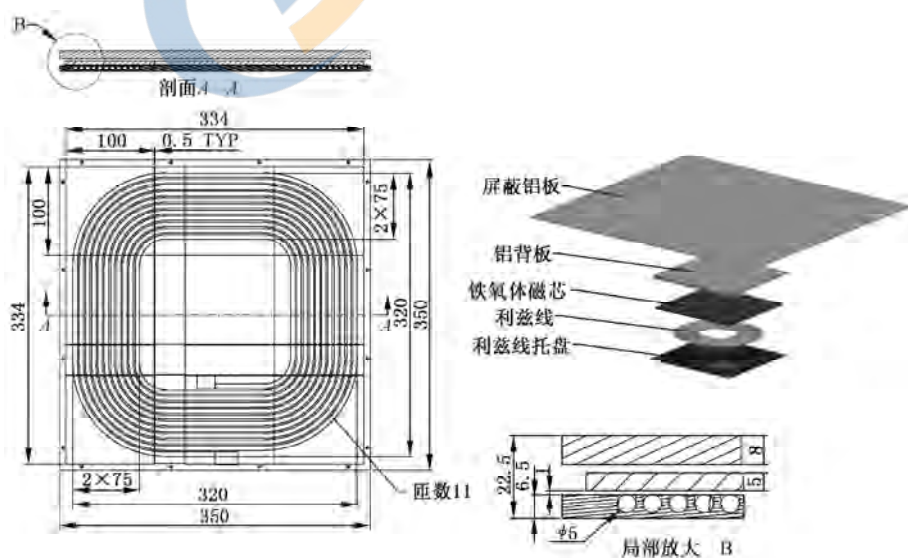
MF-WPT3 Z1 车载参考设备的中心对准点应为图 A.9 所示的副边线圈的几何中心点，中心对准点的坐标为 $X=0\text{ mm}$ 、 $Y=0\text{ mm}$ 。

A 类地面设备与 MF-WPT3 Z1 的车载参考设备进行测试时，应在离地间隙 $100\text{ mm}\sim 150\text{ mm}$ 、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.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参照图 A.10 设计。

单位为毫米



注：线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯，可能存在损耗过高或过热的问题，设备制造商可根据产品情况自行处理。

图 A.10 MF-WPT3 Z2 的车载参考设备的机械结构

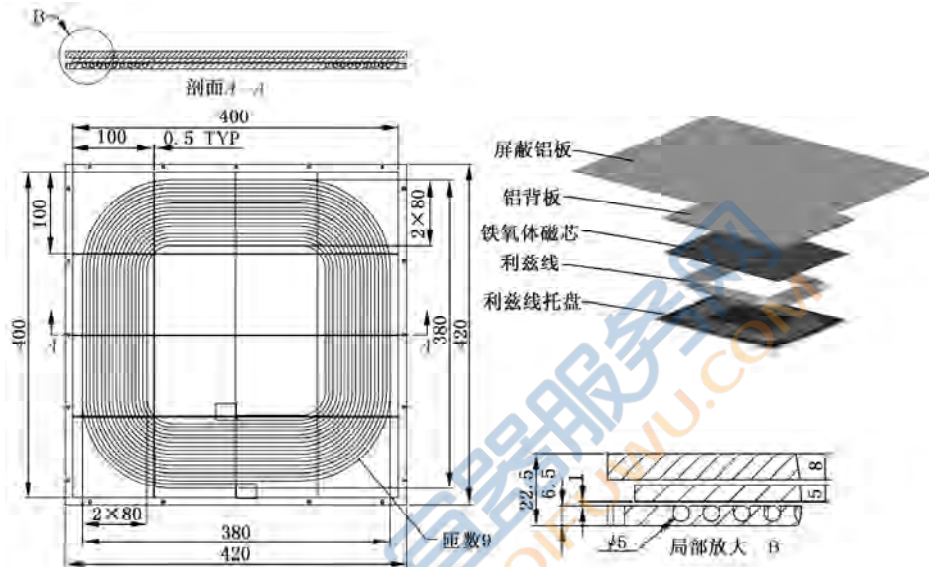
MF-WPT3 Z2 车载参考设备的中心对准点应为图 A.10 所示的副边线圈的几何中心点,中心对准点的坐标为 $X=0\text{ mm}$ 、 $Y=0\text{ mm}$ 。

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 $140\text{ mm}\sim 210\text{ mm}$ 、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.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 A.11 设计。

单位为毫米



注:线圈进线和出线口下方磁芯若为同一片磁芯,可能存在损耗过高或过热的问题,设备制造商可根据产品情况自行处理。

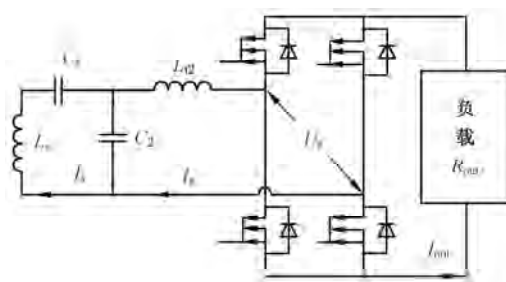
图 A.11 MF-WPT3 Z3 的车载参考设备的机械结构

MF-WPT3 Z3 车载参考设备的中心对准点应为图 A.11 所示的副边线圈的几何中心点,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 $170\text{ mm}\sim 250\text{ mm}$ 、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.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 A.12 设计。



标引序号说明：

L_s —— 副边线圈自感；

C_s —— 车载设备补偿电容；

L_{f2} —— 车载设备谐振补偿电感；

U_e —— 车载设备谐振网络输出电压；

I_e —— 车载设备谐振网络输出电流；

I_{out} —— 系统输出电流。

图 A.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 A.7 设计。

表 A.7 车载参考设备的电气规格参数

参数	Z1	Z2	Z3
C_s/nF	105.5	58.3	66.7
C_{f2}/nF	311.0	361.0	373.5
$L_{f2}/\mu\text{H}$	10.2	9.6	9.25

与 GB/T 38775.6—2021 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 A.8 的要求。

表 A.8 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	$L_{s_min}/\mu\text{H}$	$L_{s_max}/\mu\text{H}$
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,包括最大输出电流、最大整流器输入电压、最大整流器输入电流、副边设备线圈最大电流范围应满足表 A.9 的要求。

表 A.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	32 A
最大整流器输入电压 U_e 值	415 V
最大整流器输入电流 I_e 值	45 A
副边设备线圈最大电流 I_s 值	75 A

附 录 B
(资料性)
测试对象功能及预检

B.1 初始对位预检方法**B.1.1 通则**

初始对位检测是为了 MF-WPT 系统在启动充电之前检测原边设备和副边设备的相对位置,保证原边设备和副边设备能够实现满足 6.2、6.3 规定的功率传输要求及系统效率要求,并符合 GB/T 38775.4—2020 中电磁环境安全以及 GB/T 38775.5 中电磁兼容性的要求。

对准容忍区域在 X、Y 轴方向允许偏移的最小值应满足 6.2 的规定。

B.1.2 一般要求

初始对位检测应在车辆处于静止状态下执行。

初始对位检测宜参照 GB/T 38775.6—2021 中 C.2 或 C.3 的方法执行。

如果原边设备和副边设备的相对位置检测结果满足 $|x| \leq 75 \text{ mm}$ 、 $|y| \leq 100 \text{ mm}$ 或满足设备制造商提供的对准容忍区域 X 轴、Y 轴方向的允许偏移值,则初始对位检测通过;否则初始对位检测不通过,系统应不启动功率传输。

初始对位检测通过后系统应进行互感值检测,从而保证功率传输的安全性及可靠性。

A 类车载设备的制造商宜提供以下信息:

- 车载设备的对准容忍区域 X 轴、Y 轴方向的允许偏移值;
- 车载设备的最大离地间隙和最小离地间隙。

B.1.3 测试步骤

初始对位检测功能的测试步骤应按以下进行:

- a) 车载设备设置为最大离地间隙;
- b) 车载设备中心对准点与地面参考设备的中心对准点对齐,系统启动初始对位检测,检测结果为中心对准点在对准容忍区域内;
- c) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴、Y 轴正方向的边界(边界为最大允许偏移值减 2 cm),系统启动初始对位检测,检测结果为中心对准点在对准容忍区域内;继续移动车载设备至超出 X 轴正方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴正方向的最大允许偏移值、超出 Y 轴正方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;
- d) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴负方向、Y 轴正方向的边界(边界为最大允许偏移值减 2 cm),系统启动初始对位检测,检测结果为中心对准点在对准容忍区域内;继续移动车载设备至超出 X 轴负方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴负方向的最大允许偏移值、超出 Y 轴正方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;
- e) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴正方向、Y 轴负方向的边界(边界为最大允许偏移值减 2 cm),系统启动初始对位检测,检测结果为中心对准点在对准容忍区域内;继续移动车载设备至超出 X 轴正方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出

对准容忍区域;车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴正方向的最大允许偏移值、超出 Y 轴负方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;

- f) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴、Y 轴负方向的边界(边界为最大允许偏移值减 2 cm),系统启动初始对位检测,检测结果为中心对准点在对准容忍区域内;继续移动车载设备至超出 X 轴负方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;车载设备中心对准点移动至对准容忍区域 X 轴负方向的最大允许偏移值、超出 Y 轴负方向最大允许偏移值 2 cm,初始对位检测结果为中心对准点超出对准容忍区域;

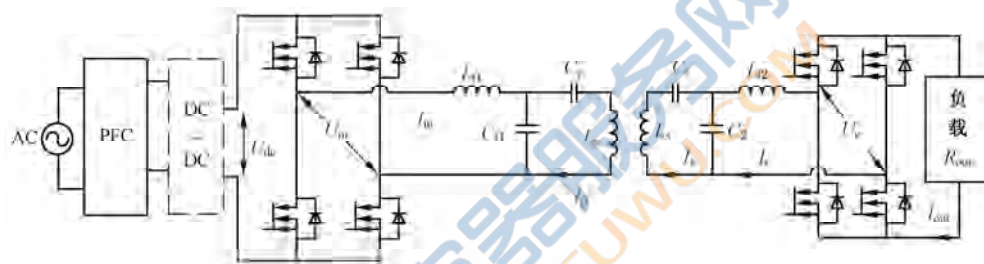
g) 车载设备设置为最小离地间隙,重复步骤 b)~f);

h) 车载设备设置为额定离地间隙,重复步骤 b)~f)。

若初始对位检测的测试满足步骤 b)~h),则系统初始对位检测功能测试通过,若其中任意一个步骤不满足,则系统初始对位检测功能测试不通过。

B.1.4 互感值检测方法

A 类地面参考设备和 A 类车载参考设备构成的系统架构如图 B.1 所示。



标引序号说明:

- L_s —— 副边线圈自感;
- C_s —— 车载设备补偿电容;
- C_2 —— 车载设备谐振补偿电容;
- L_{f2} —— 车载设备谐振补偿电感;
- U_e —— 车载设备谐振网络输出电压;
- I_e —— 车载设备谐振网络输出电流;
- I_{out} —— 系统输出电流;
- U_{dc} —— 地面设备逆变器输入电压;
- U_{in} —— 地面设备谐振网络输入电压;
- I_{in} —— 地面设备谐振网络输入电流;
- L_{f1} —— 地面设备谐振补偿电感值;
- C_{f1} —— 地面设备谐振补偿电容;
- C_p —— 地面设备补偿电容;
- L_p —— 原边线圈电感。

图 B.1 无线充电系统电路架构

对于图 B.1 所示的电路架构,原边线圈的电流 I_p 根据公式(B.1)计算:

$$I_p = \frac{I_e \cdot (A_1 + R_e \cdot A_2)}{j\omega \cdot M} \dots\dots\dots (B.1)$$

其中:

$$A_1 = (1 - \omega^2 L_{f2} C_{f2}) \left(j\omega L_s + \frac{1}{j\omega C_s} \right) + j\omega L_{f2}$$

$$A_2 = 1 - \omega^2 L_{f2} C_{f2} + \frac{C_{f2}}{C_s}$$

$$R_c = \frac{P_{out}}{I_e^2} - j \frac{P_{out}}{\pi I_e^2} \sqrt{\frac{\pi(2\sqrt{2}I_e - \pi I_{out})}{I_{out}}}$$

式中：

ω ——系统工作频率,对于 A 类设备 ω 的值为 $2\pi \times f_0$;

L_{f2} ——车载设备谐振补偿电感;

C_{f2} ——车载设备谐振补偿电容;

C_s ——车载设备补偿电容;

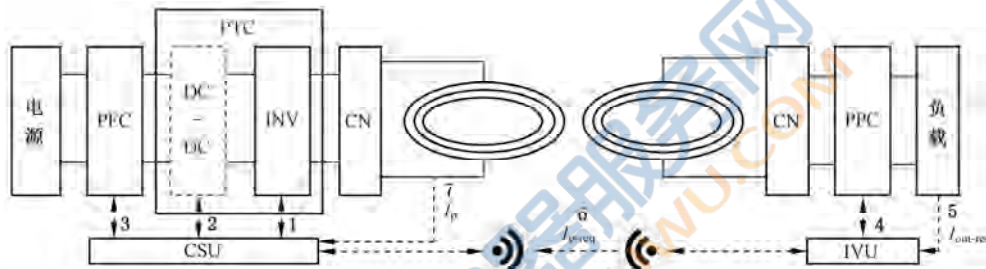
L_s ——车载设备副边线圈电感;

P_{out} ——系统输出功率;

I_{out} ——系统输出电流;

I_e ——车载设备谐振网络输出电流。

在无线充电系统启动阶段,系统无功率输出。将图 B.1 所示的车载设备的可控整流器设置为短路状态,此时互感值 M 的检测框图如图 B.2 所示。



标引序号说明：

- 1 ——控制回路 1,地面端 INV 的功率控制单元;
- 2 ——控制回路 2,地面端 DC-DC 功率控制单元,可选;
- 3 ——控制回路 3,地面端 PFC 功率控制单元;
- 4 ——控制回路 4,车辆端功率控制单元;
- 5 —— $I_{out-req}$ 为负载充电所需电流有效值,由负载向 IVU 发送请求;
- 6 —— I_{p-req} 为车辆端充电所需原边线圈电流有效值,由 IVU 向 CSU 发送请求;
- 7 —— I_p 为原边线圈电流有效值;
- PFC ——功率因数校正;
- DC-DC ——直流-直流功率变换;
- INV ——逆变器;
- PTC ——功率传输控制器;
- CN ——补偿网络;
- PPC ——功率接收控制器;
- CSU ——地面通信控制单元;
- IVU ——车载通信控制单元。

图 B.2 M 检测的框图

图 B.2 所示的检测图中,将整流器短路后,可检测得到 I_e 和 I_p 的值,且此时 $R_e=0$ 、 A_1 为一个定常虚数、 A_2 为一个定常实数,可通过式 B.1 计算得到 M 的值。

若检测得到的 M 值为 $M_{min} \leq M \leq M_{max}$,则互感值检测通过;否则互感值检测不通过,应不启动功率传输。

M_{min} 和 M_{max} 的值可通过 GB/T 38775.6—2021 附录 A 中表 A.4 和表 A.6 的数据计算得到,应根据公式(B.2)和(B.3)进行计算:

$$M_{\min} = k_{\min} \sqrt{L_{p\max} L_{s\min}} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

$$M_{\max} = k_{\max} \sqrt{L_{p\min} L_{s\max}} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

B.2 配对预检

A类车载设备应具备配对功能,以保证CSU和IVU可相互识别停在原边设备上方的车载设备以及地面设备。

配对功能应满足以下特征之一:

- a) 通过程序实现配对信号识别(例如,私人车位的地面设备和车载设备能够自动识别信号);
- b) 车载设备可识别地面设备发出的配对信号;
- c) 地面设备可识别车载设备发出的配对信号。

配对功能的实现流程应符合:

- a) IVU向CSU发送开始配对请求信息,信息包括了车载设备的ID或VIN码或其他可代表车载设备身份的信息。
- b) 如果CSU不支持或者无法识别IVU发送的配对信息,则拒绝IVU的配对请求,并向IVU反馈拒绝配对信息;如果CSU支持IVU发送的配对信息,则向IVU返回地面设备配对信息,信息包括:
 - 1) 地面设备ID或其他可代表地面设备身份的信息;
 - 2) 识别成功信号。
- c) IVU接收到CSU发送的地面设备ID,确认配对成功,向CSU返回配对确认信息。
- d) CSU接收到IVU的配对确认信息,并返回给IVU最终是否配对成功信息,若配对成功则返回该ID的地面设备已经与车载设备配对成功;若配对失败,则返回配对失败信息。
- e) B类地面设备的配对功能由设备制造商和用户协商确定。

B.3 兼容性检测预检

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GB/T 38775.6—2021表B.1中序号为2、3、4、6、12、13、14、17的内容,宜提供GB/T 38775.6—2021中表B.1中序号为7、8、16的内容。

B类MF-WPT系统的兼容性检测由设备制造商和用户协商确定。

B.4 功率传输

MF-WPT系统的充电功能应至少包括准备充电、启动充电以及停止充电三个阶段。对于A类车载设备,准备充电阶段应符合GB/T 38775.6—2021中6.2的要求,启动充电应符合GB/T 38775.6—2021中6.3的要求,停止充电应符合GB/T 38775.6—2021中6.5的要求。

A类车载设备准备充电阶段的频率检测及频率锁定可参照附录C的方法实现。

B类车载设备的频率检测及频率锁定功能可由设备制造商和用户协商确定。

附录 C
(资料性)
频率检测及频率锁定

C.1 通则

本附录规定了 A 类车载设备对 A 类地面设备的工作频率的检测以及车载设备频率锁定方法, B 类车载设备、B 类地面设备的频率检测和锁定方法由设备制造商和用户协商确定。

MF-WTP 系统在定频率工作时, 地面设备和车载设备的工作频率相差应在 ± 50 Hz 的范围内。

频率检测应在启动充电之前执行, 且地面设备在启动充电之前应为原边线圈提供和正常充电时相同工作频率的电流激励。

车载设备应检测出地面设备的工作频率, 车载设备应能够使车载端工作频率在误差允许范围内与检测工作频率一致。

C.2 频率检测及频率锁定步骤

系统频率检测及频率锁定步骤宜按照图 C.1 所示进行。

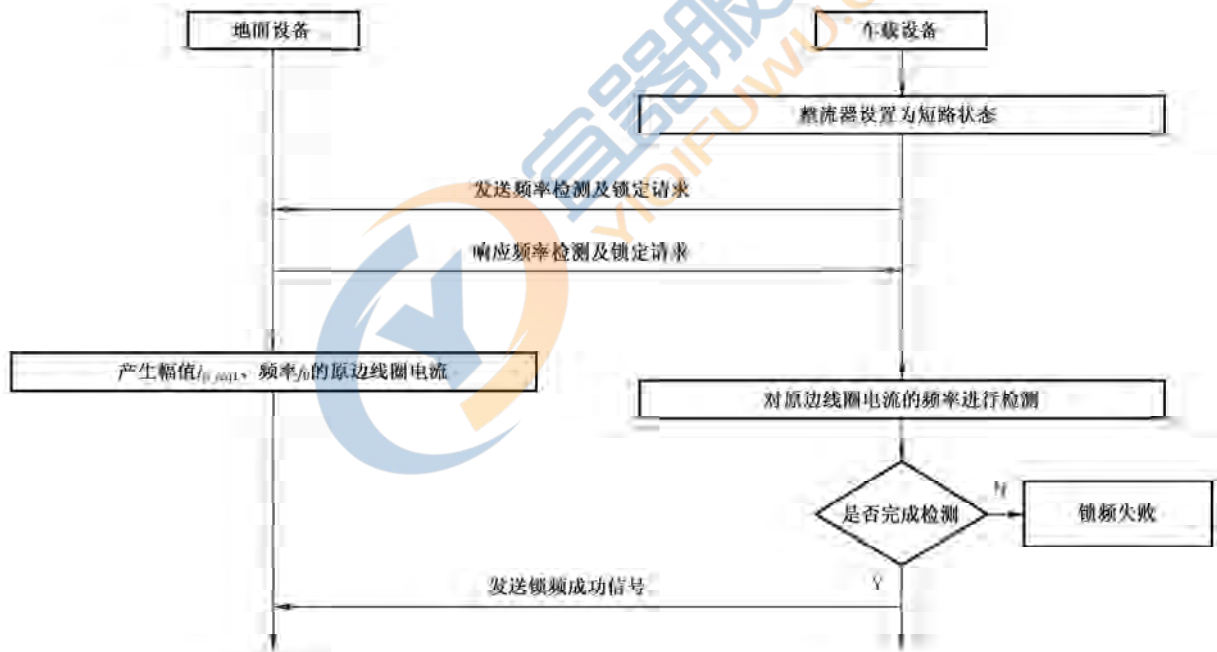


图 C.1 频率检测及频率锁定步骤

频率检测及频率锁定具体步骤如下:

- a) 车载设备的整流器设置为短路状态;
- b) 整流器处于短路状态后, 发送锁频请求给地面设备, 地面设备响应锁频请求; 锁频请求包含锁频请求包含原边线圈电流的频率(频率标称按照 7.1 的规定取值, 误差在 ± 50 Hz 以内);
- c) 地面设备对原边线圈进行较小电流 I_{p_req1} 激励, 其频率 f_0 即为地面设备的工作频率; 其中 I_{p_req1} 宜不超过 15 A;
- d) 车载设备检测到整流器输入电流的频率在锁频请求约定的频率范围内, 并将整流器开关管的控制频率调整为检测到的频率; 若完成频率则进入步骤 5, 若未完成则锁频失败, 并向地面设

备发送失败信息；

e) 车载设备发送锁频成功信息。

C.3 频率检测及频率锁定实现方法

对于图 C.1 所示步骤,其频率检测及频率的具体实现方法宜按照图 C.2 所示的步骤进行。

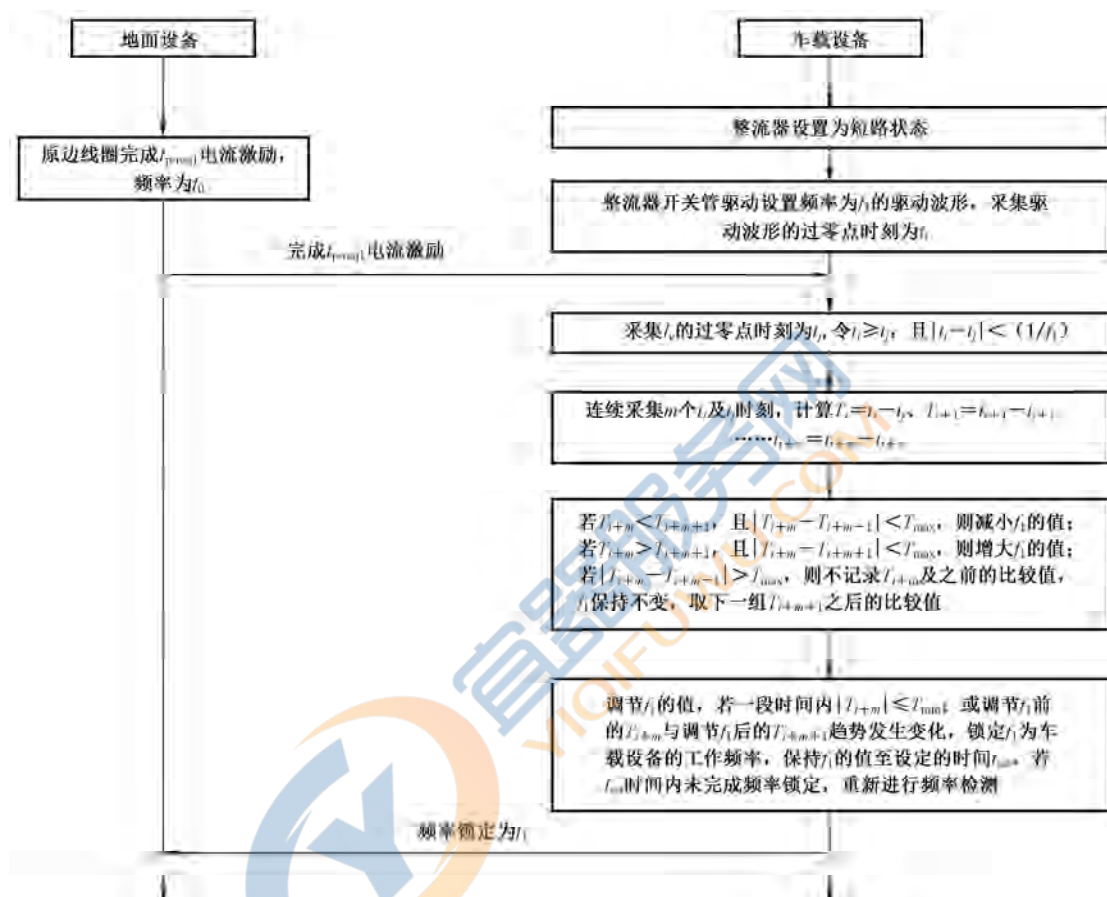


图 C.2 频率检测及频率锁定步骤

频率检测及频率锁定具体步骤如下：

- 车载设备的整流器设置为短路状态,地面设备对原边线圈进行电流 I_{preq1} 激励,其频率 f_0 即为地面设备的工作频率。
- 车载设备的整流器开关管驱动器设置 f_1 的驱动信号,每个周期采集驱动信号的过零点时刻为 t_i 。驱动信号仅为驱动器的触发信号,但不触发开关管的驱动电平,开关管驱动电平保持为高,保持整流器为短路状态。
- 采集车载设备整流器的输入电流 I_e 的过零点时刻记为 t_j ,计算得到 I_e 的实际频率为 f_0 。令 $t_j < t_i$,且 $|t_i - t_j| < (1/f_1)$,即保证 t_i, t_j 在驱动器频率 f_1 的一个工作周期内。
- 连续采集 $m (m \geq 10)$ 个 t_i 及 t_j 时刻,计算 $T_i = t_i - t_j, T_{i+1} = t_{i+1} - t_{j+1} \dots T_{i+m} = t_{i+m} - t_{j+m}$ 。
- 若 $T_{i+m} < T_{i+m+1}$,且 $|T_{i+m} - T_{i+m-1}| < T_{max}$,则减小 f_1 的值;若 $T_{i+m} > T_{i+m+1}$,且 $|T_{i+m} - T_{i+m-1}| < T_{max}$,则增大 f_1 的值;若 $|T_{i+m} - T_{i+m-1}| > T_{max}$,则不记录 T_{i+m} 及之前的比较值, f_1 保持不变,取下一组 T_{i+m+1} 之后的比较值。 T_{max} 为设定值,其取值计算为 $1/f_1$ 。
- 按照步骤 d) 调节 f_1 的值,达到以下条件之一,锁定频率 f_1 为车载设备的工作频率,保持 f_1

的值至设定的时间 t_{set} 。

—— n 次 f_1 调节流程中,任意 m 值均存在 $|T_{i+m}| \leq T_{\text{min}}$,其中 n 的取值宜超过 5;或连续 100 ms 内,任意 m 值均存在 $|T_{i+m}| \leq T_{\text{min}}$ 。

——调节 f_1 前的 T_{i+m} 与调节 f_1 后的 T_{i+m+1} 变化趋势发生变化,例如调节 f_1 前至少连续的 T_{i+m-2} 、 T_{i+m-1} 、 T_{i+m} 三个值为增加的趋势,调节 f_1 后至少连续的 T_{i+m} 、 T_{i+m+1} 、 T_{i+m+2} 三个值转变为减小的趋势;或调节 f_1 前至少连续的 T_{i+m-2} 、 T_{i+m-1} 、 T_{i+m} 三个值为减小的趋势,调节 f_1 后至少连续的 T_{i+m} 、 T_{i+m+1} 、 T_{i+m+2} 三个值转变为增加的趋势。

若在 t_{set} 时间内,未完成频率的锁定,则返回步骤 d)。

注 1: T_{min} 为设定值,其取值计算为 $f_{\text{tolerate}}/f_0^2$, f_{tolerate} 为地面设备和车载设备的工作频率相差容忍值,当 $f_{\text{tolerate}} = 30$ Hz 时, $T_{\text{min}} = 4.1$ ns。

注 2: t_{set} 为设定值,为频率检测及频率锁定流程的执行时间,宜设置为 2 s。

注 3: 若在多次返回步骤 d) 后仍未完成频率锁定,则终止流程,上报无法完成频率锁定信息,返回步骤 d) 的次数宜设置为 4 次。



参 考 文 献

- [1] GB/T 34657.2—2017 电动汽车传导充电互操作性测试规范 第 2 部分:车辆