



中华人民共和国国家标准

GB/T 38775. X

电动汽车无线充电系统互操作性要求及测试 第2部分：车辆端

Safety and interoperability requirements of magnetic field wireless power transfer for electrically propelled vehicles

(征求意见稿)

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。

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施

国家质量监督检验总局
国家标准化管理委员会

发 布

目 次

前言	III
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 概述	2
5.1 系统架构	2
5.2 分类	3
6 技术要求	4
6.1 安全要求	4
6.2 输出功率要求	4
6.3 系统效率要求	5
7 试验准备	5
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 互操作性测试	7
8.1 安全测试	7
8.2 系统效率及输出功率测试	8
附录 A（规范性附录） MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3 的车载参考设备	10
A.1 车载参考设备离地间隙互操作性	10
A.2 MF-WPT1 的车载参考设备	10
A.2.1 概述	10
A.2.2 MF-WPT1 Z1 车载参考设备机械结构	10
A.2.3 MF-WPT1 Z2 车载参考设备机械结构	11
A.2.4 MF-WPT1 Z3 车载参考设备机械结构	12
A.2.5 MF-WPT1 车载参考设备的电路设计	12
A.3 A.3 MF-WPT2 的车载参考设备	13

GB/T 38775.X

A. 3.1 述.....	13
A. 3.2 F-WPT2 Z1 车载参考设备机械结构	13
A. 3.3 MF-WPT2 Z2 车载参考设备机械结构	14
A. 3.4 MF-WPT2 Z3 车载参考设备机械结构	15
A. 3.5 MF-WPT2 车载参考设备的电路设计	16
A. 4 A. 4 MF-WPT3 的车载参考设备	17
A. 4.1 概述.....	17
A. 4.2 MF-WPT3 Z1 车载参考设备机械结构	17
A. 4.3 MF-WPT3 Z2 车载参考设备机械结构	18
A. 4.4 MF-WPT3 Z3 车载参考设备机械结构	19
A. 4.5 MF-WPT3 车载参考设备的电路设计	20
附录 B (资料性附录) 测试对象功能及预检	22
B. 1 B. 1 初始对位预检方法.....	22
B. 1.1 概述.....	22
B. 1.2 一般要求.....	22
B. 1.3 测试步骤.....	22
B. 1.4 互感值检测方法.....	23
B. 2 配对预检.....	24
B. 3 兼容性检测预检.....	25
B. 4 功率传输.....	25
附录 C (资料性附录) 频率检测及频率锁定	26
C. 1 概述.....	26
C. 2 频率检测及频率锁定步骤.....	26
C. 3 频率检测及频率锁定实现方法.....	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/TC114）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

电动汽车无线充电系统互操作性要求及测试 第2部分：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，包括分类、技术要求、互操作性测试步骤、车载参考设备等。

本文件按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 1000 V AC 或 1500 V DC，额定输出电压最大值为 1000 V AC 或 1500 V DC。

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 38755.1-2020	电动汽车无线充电系统 第1部分：通用要求
GB/T 38755.2-2020	电动汽车乘用车无线充电系统 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 38755.3-2020	电动汽车无线充电系统 第3部分：特殊要求

3 术语和定义

GB/T 19596、GB/T 38775.1、GB/T 38775.2、GB/T 38775.3、GB/T 38775.6 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 38775.6]

3.2

对准 alignment

当副边设备的离地间隙确定时，原边设备和副边设备在 X 轴和 Y 轴方向上的相对位置在对准容忍区域内。

[来源：GB/T 38775.6]

3.3

对准容忍区域 alignment tolerance area

GB/T 38775.X

当副边设备的离地间隙确定时，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]

3.4

中心对准点 center alignment point

对准容忍区域的几何中心点。

[来源：GB/T 38775.6]

3.5

对准检查 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匹配的过程。

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：包括原边参考设备、非车载功率组件参考设备以及通信设备。

[来源：GB/T 38775.6]

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：包括副边参考设备、车载功率组件参考设备以及通信设备。

[来源：GB/T 38775.6]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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

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

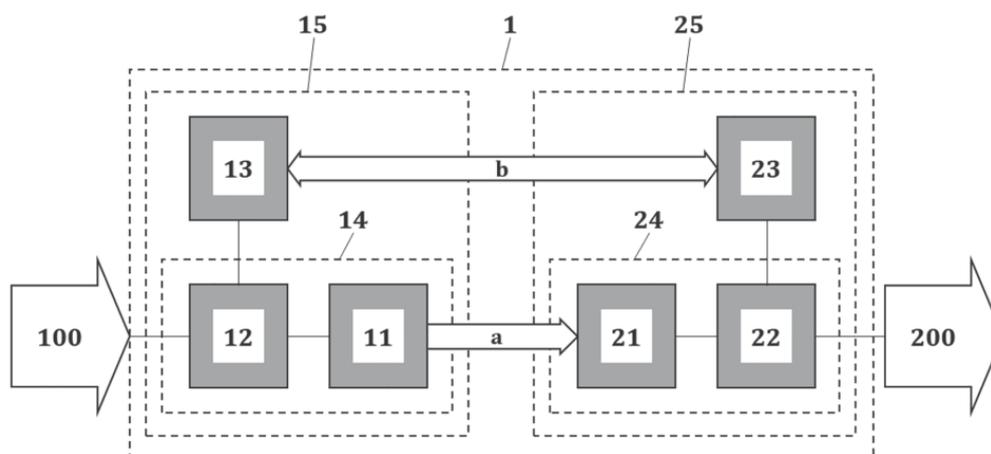
IVU：车载通信控制单元（In-Vehicle Unit）

ITU：国际电信联盟（International Telecommunications Unit）

5 概述

5.1 系统架构

图1所示为MF-WPT的系统架构及组件。



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——电池和车载电气设备；
- a——无线充电功率传输；
- b——通讯。

注：异物检测、生物检测、引导对齐等功能性组件未包含在本系统架构，实际应用系统中可能包括以上功能性组件。

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 车载功率组件输出功率等级

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 38755.1中规定。

5.2.2 车载设备分类

按照使用定位不同车载设备可分为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中附录B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中附录B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。

注3：系统性能包括系统效率、输出功率、对准容忍区域、输出电压纹波、输出电压稳压精度、输出电流稳流精度等。

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 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	$100\text{mm} \leq Z \leq 150\text{mm}$
Z2	$140\text{mm} \leq Z \leq 210\text{mm}$
Z3	$170\text{mm} \leq Z \leq 250\text{mm}$
Z4	$Z \geq 250\text{mm}$

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，Z4类型的车载参考设备暂不考虑。

6 技术要求

6.1 安全要求

A类车载设备应符合GB/T 38775.1-2020中第10章、12.3节、GB/T 38775.3-2020中5.8.6以及GB/T 38775.4-2020中第4章、第5章的规定。

6.2 输出功率要求

A类车载设备与GB/T 38775.6中附录B中地面参考设备构成的MF-WPT系统输出功率测试应按照8.3节中测试方法进行互操作性测试，测试时车载功率组件应支持地面设备功率以不低于0.25kW/s的功率启动。

且A类车载设备的输出功率应满足表3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，并且

— 地面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，并且

— 地面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的功率输出，并且

— 地面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3 A类车载设备输出功率

	地面设备				
	MF-WPT	1	2	3	4
车载设备	1	$0 \leq P_{out} \leq P_{s1max}$	$0 \leq P_{out} \leq P_{s1max}$	$0 \leq P_{out} \leq P_{s1max}$	TBD
	2	$0 \leq P_{out} \leq 2.96kW$	$2.96kW \leq P_{out} \leq P_{s2max}$	$2.96kW \leq P_{out} \leq P_{s2max}$	TBD
	3	$2.96kW \leq P_{out} \leq P_{s2max}$	$2.96kW \leq P_{out} \leq 6.16kW$	$6.16kW \leq P_{out} \leq P_{s3max}$	TBD
	4	TBD	TBD	TBD	TBD

注1：A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 $P_{s2max} < 7.7kW$ 。
注4： P_{s3max} 表示MF-WPT3的车载设备设计的最大输出功率，且 $P_{s3max} < 11.1kW$ 。

6.3 系统效率要求

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1中模块14）输入功率的比值，其测试点应依据GB/T 38755.1-2020中条款5.2的规定选定。

A类车载设备与GB/T 38775.6中附录B中地面参考设备构成的MF-WPT系统效率测试应按照8.5章节中测试方法进行。效率测试时，应测试车辆端需求的电压范围（最低电压至最高电压），且系统最小效率应满足表4的规定，其中，效率测试时，地面设备的异物检测、生物检测功能应处于工作状态。

表4 最小系统效率

对准情况	最小系统效率
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5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，系统工作频率应为85.5（±0.05）kHz。

表5 频率

频率类型	频率值（kHz）
标称频率	85.5（±0.05）

注：ITU推荐的MF-WPT系统工作频率可选范围为79-90kHz。

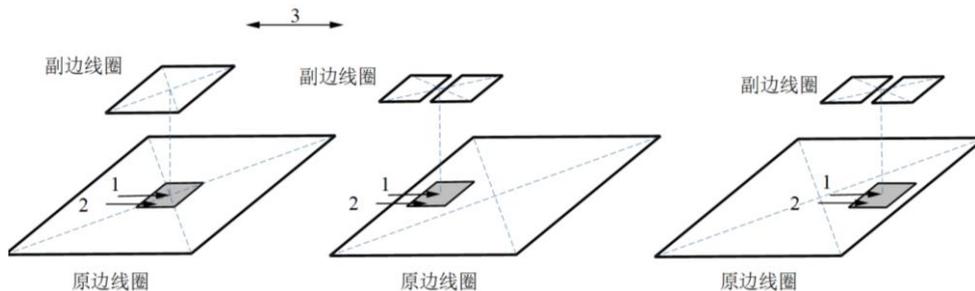
7.2 对准容忍区域与对准点设置

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6的要求。

表6 偏移范围

坐标	偏移范围（mm）
x	±75
y	±100

图2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6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。



说明：

- 1，中心对准点
- 2，对准容忍区域
- 3，车辆行驶方向

图2 对准点示例图

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，在测试时中心对准点的坐标应为X=0、Y=0。A类车载设备的中心对准点确定方式包括：

- 1) 为副边线圈的几何中心点，或者
- 2) 与GB/T38775.6中附录B的地面参考设备测试进行确定。
- 3) 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。

注：两种中心对准点的确定可能会存在差异，当存在差异时，应以保证在对准容忍区域内MF-WPT系统能够正常工作

为前提,选择合适的中心对准点。

7.3 输出电压测量点选择

互操作性测试时,输出电压的测量点应按照GB/T 38775.6-2020中8.3.2节的规定选择。

注1:附录A中的车载参考设备仅适用于系统输出电压为250—500V的测试,对于超过500V充电电压的车辆/负载,系统输出电压测试点待定。

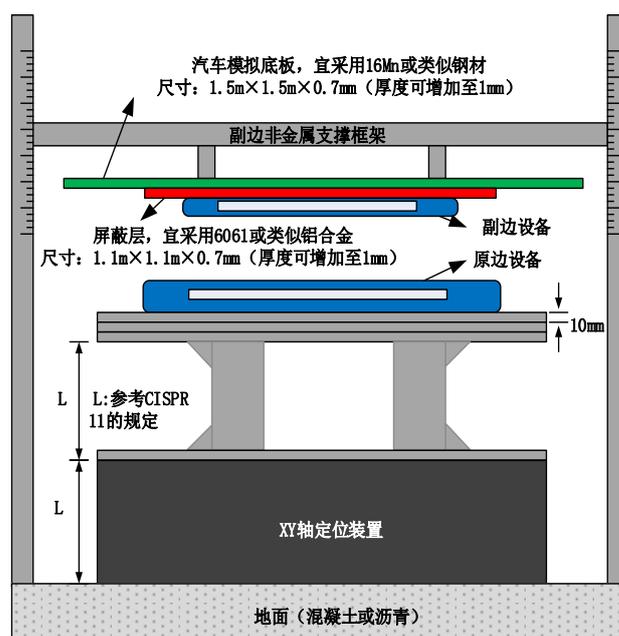
7.4 测试对象功能及预检

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可按照附录B.1执行,配对功能、兼容性检测及功率传输可参照附录B.2—B.4的规定。

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/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。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,测试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。



注:副边设备、屏蔽层、汽车模拟底板之间应紧密贴合

图3 部件级测试

8 互操作性测试

8.1 安全测试

A类车载设备与GB/T 38775.6中附录B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章及12.3节的规定执行。

车载设备的IP等级测试应符合GB/T 38775.3-2020中8.6.4的规定。

电磁环境安全的测试应符合GB/T 38775.4-2020中第6章、第7章的规定。

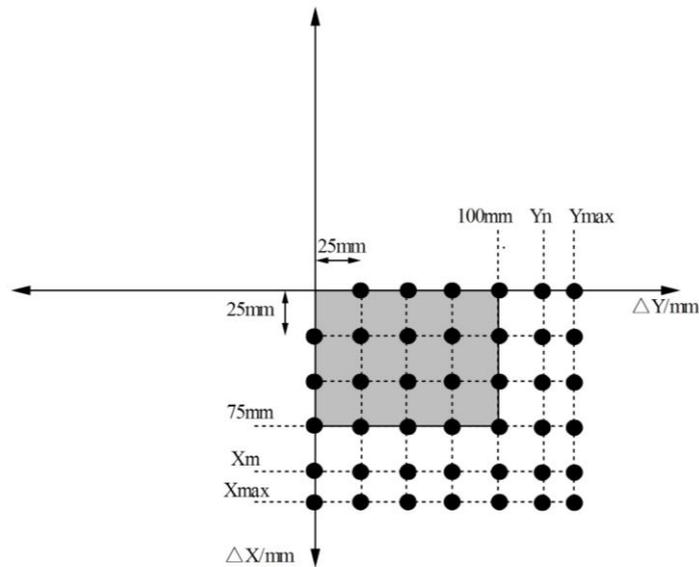
异物检测的测试应符合GB/T 38775.6中8.2.1节的规定。

活体保护的测试应符合GB/T 38775.6中8.2.2节的规定。

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 38755.3-2020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、Y轴的最大值大于GB/T 38755.3-2020中8.2.2的规定值，则相应增加测试点数，增加的测试点如图4所示。



说明：

Y_n ：新增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 ：新增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 新增测试点示意图

新增测试点应以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} 最为X、Y轴的最后测试点。

8.2.2 测试步骤

系统输出功率和系统效率在偏转条件下的测试应满足第6章的规定。

对于充电电压范围为 $U_{\text{out-min}}$ — $U_{\text{out-max}}$ 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的系统输出功率及系统效率。

(2) 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的系统输出功率及系统效率。

(3) 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的系统输出功率及系统效率。

(4) 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的系统输出功率及系统效率。

附录 A
(规范性附录)

MF-WPT1、MF-WPT2、MF-WPT3的车载参考设备

A.1 车载参考设备离地间隙互操作性

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A.1的要求。

表A.1 离地间隙的互操作性

	Z1 (地面设备)	Z2 (地面设备)	Z3 (地面设备)
Z1 (车载参考设备)	Y	Y	Y
Z2 (车载参考设备)	N	Y	Y
Z3 (车载参考设备)	N	N	Y
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			

A.2 MF-WPT1 的车载参考设备

A.2.1 概述

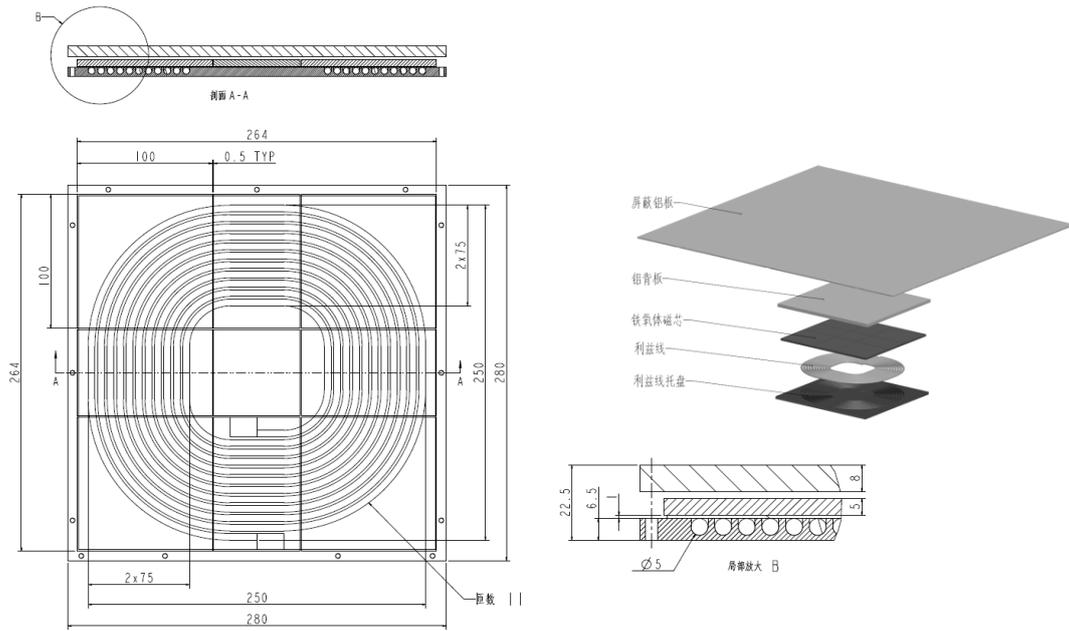
本章节规定功率等级为MF-WPT1的车载参考设备的机械结构、电气参数、结构参数,包括Z1、Z2、Z3三个离地间隙类型的车载参考设备。A类地面设备进行互操作性测试时,应采用本章节规定的车载参考设备。

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类地面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。

A.2.2 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国家图A.1设计。



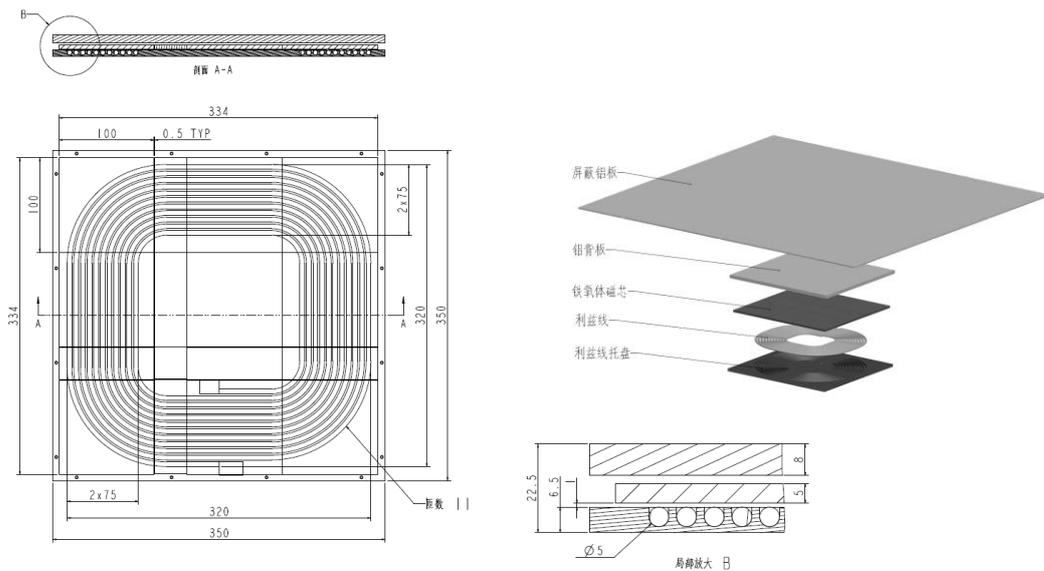
图A.1 MF-WPT1 Z1的车载参考设备的机械结构

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

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、对准容忍区域内实现系统设计的最大功率输出。

A.2.3 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参照图A.2设计。



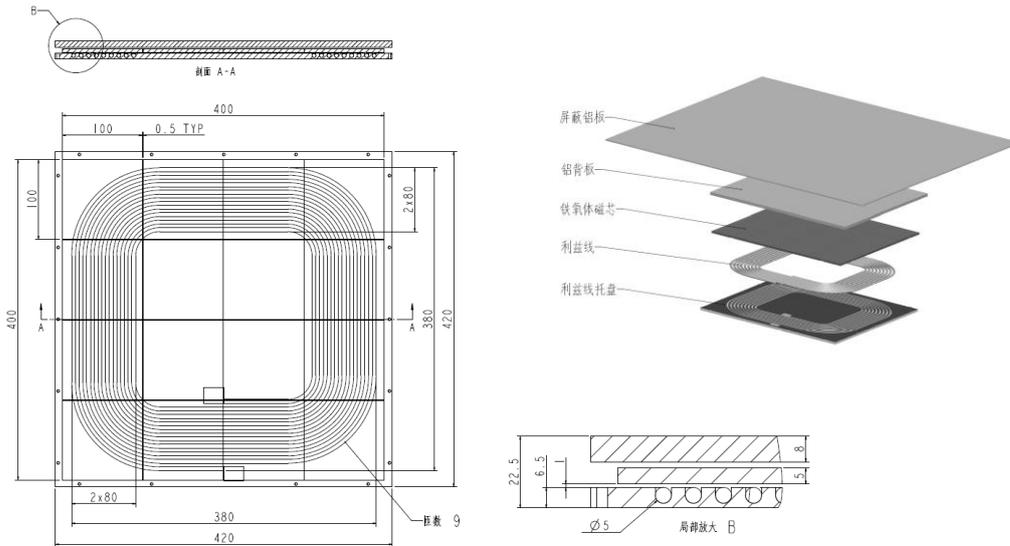
图A.2 MF-WPT1 Z2的车载参考设备的机械结构

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、对准容忍区域内实现系统设计的最大功率输出。

A. 2. 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A.3设计。



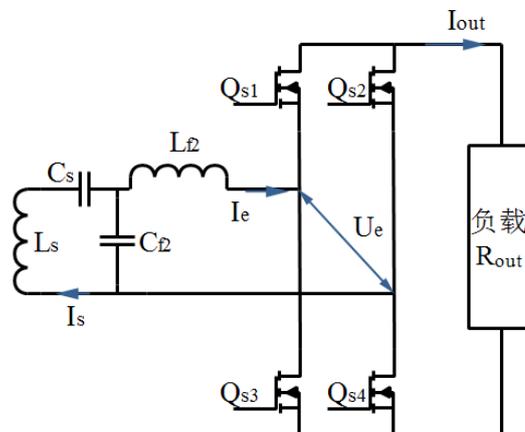
图A. 3 MF-WPT1 Z3的车载参考设备的机械结构

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、对准容忍区域内实现系统设计的最大功率输出。

A. 2. 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。



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.2设计。

表A.2 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GB/T 39775.6附录B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.3的要求。

表A.3 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A.4的要求。

表A.4 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	10.6A
最大整流器输入电压U _e 值	415V
最大整流器输入电流I _e 值	15A
副边设备线圈最大电流I _s 值	35A

A.3 A.3 MF-WPT2 的车载参考设备

A.3.1 述

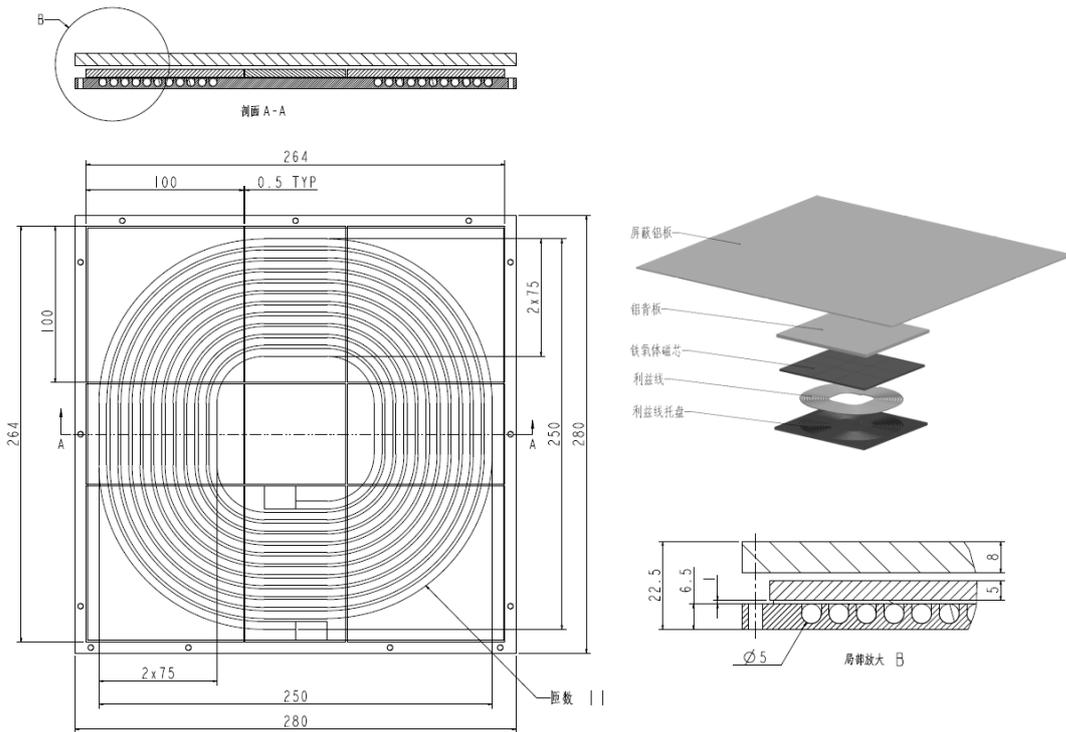
本章节规定功率等级为MF-WPT2的车载参考设备的机械机构、电气参数、结构参数，包括Z1、Z2、Z3三个离地间隙类型的车载参考设备。A类地面设备进行测试时，应采用本章节规定的车载参考设备。

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85.5kHz。

A.3.2 F-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A.5设计。



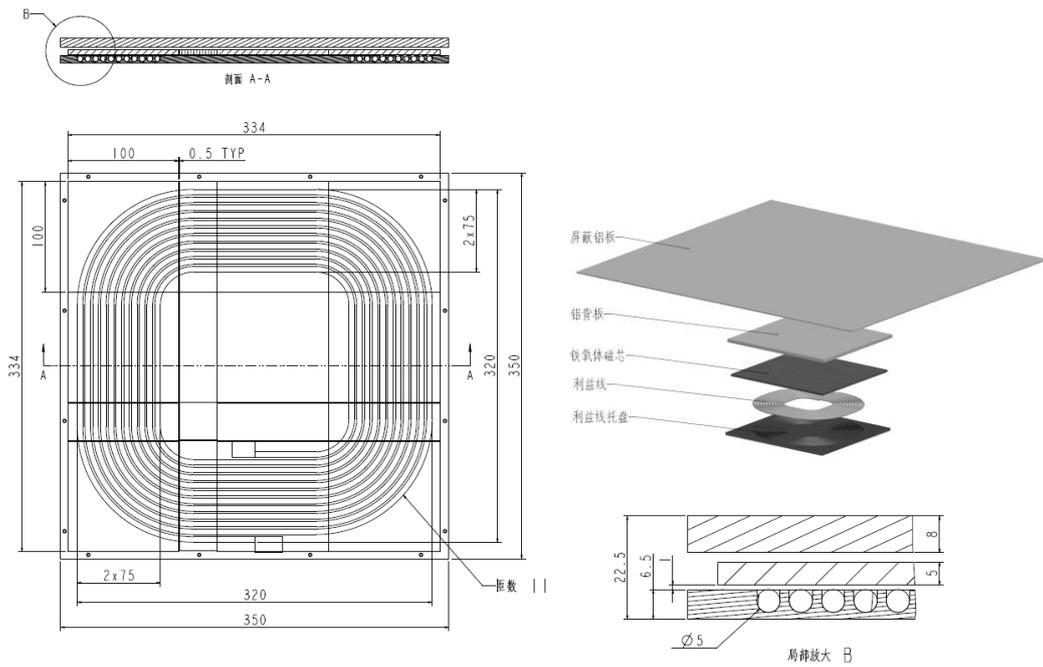
图A.5 MF-WPT2 Z1的车载参考设备的机械结构

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、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.3.3 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。



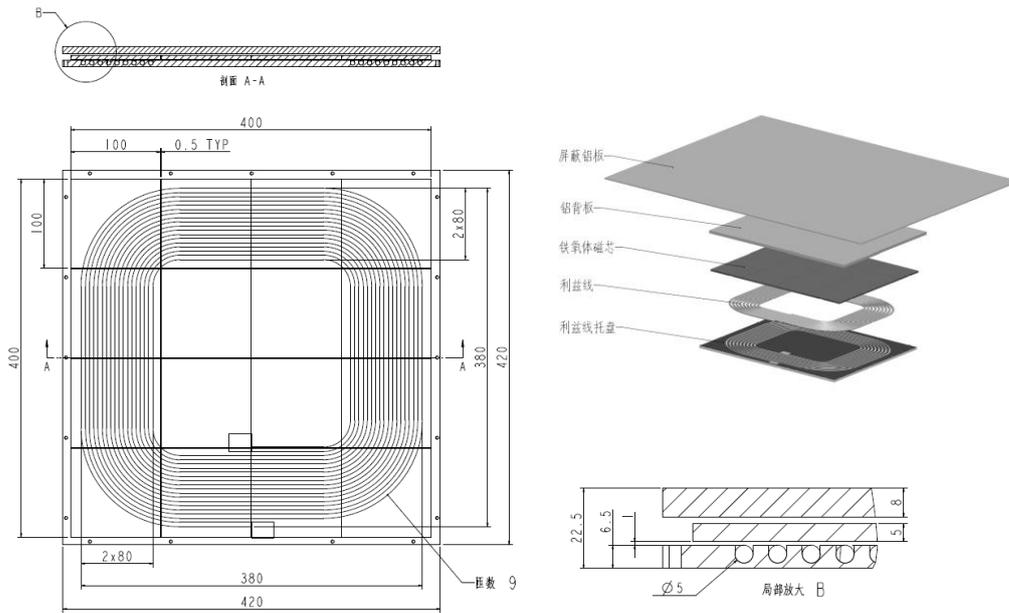
图A.6 MF-WPT2 Z2的车载参考设备的机械结构

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、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.3.4 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参照图A.7设计。



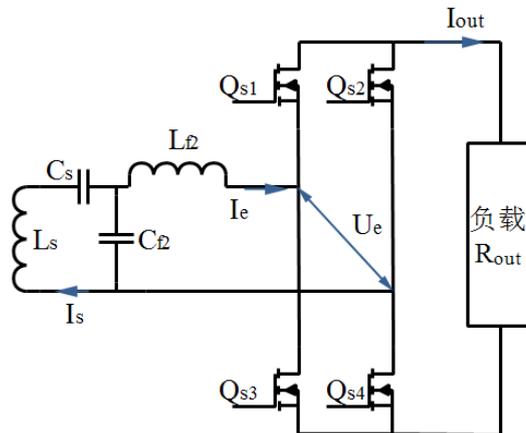
图A.7 MF-WPT2 Z3的车载参考设备的机械结构

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，应在离地间隙170—250mm、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.3.5 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参照图A.8设计。



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参照表A.5设计。

表A.5 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[μ H]	13	14.2	14
---------------	----	------	----

与GB/T 38775.6附录B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.6的要求。

表A.6 车载参考设备的电气规格参数

离地间隙	Ls_min[μ H]	Ls_max[μ 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.7的要求。

表A.7 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	21.2A
最大整流器输入电压U _e 值	385V
最大整流器输入电流I _e 值	30A
副边设备线圈最大电流I _s 值	50A

A.4 A.4 MF-WPT3 的车载参考设备

A.4.1 概述

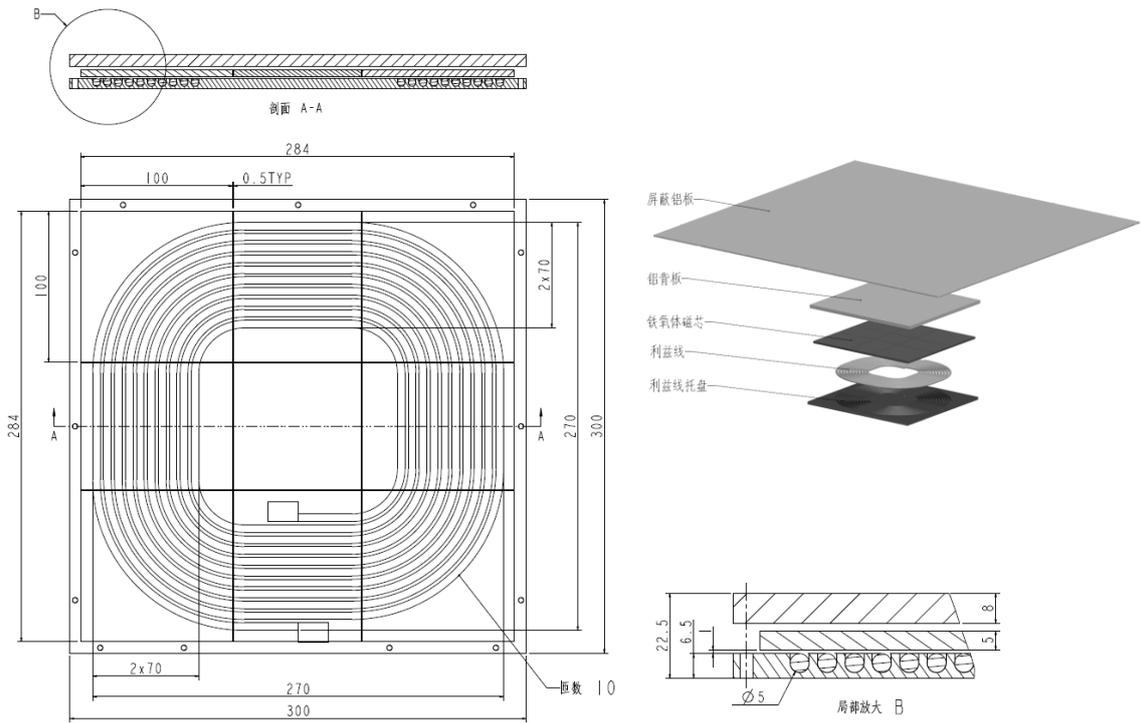
本章节规定功率等级为MF-WPT3的车载参考设备的机械机构、电气参数、结构参数，包括Z1、Z2、Z3三个离地间隙类型的车载参考设备。A类地面设备进行测试时，应采用本章节规定的车载参考设备。

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85.5kHz。

A.4.2 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。



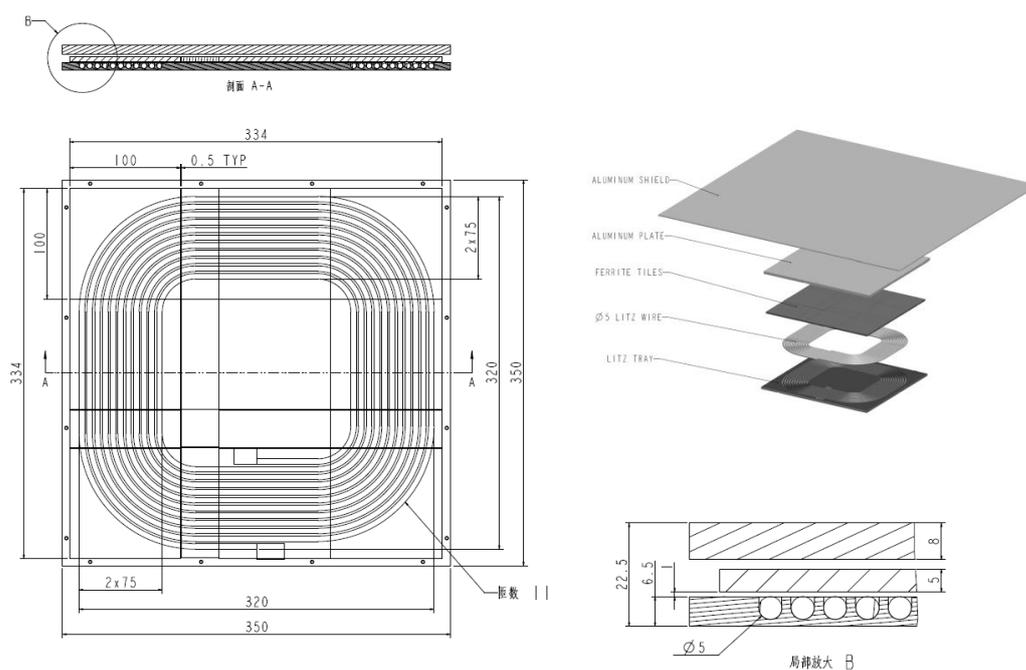
图A.9 MF-WPT3 Z1的车载参考设备的机械结构

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，应能在离地间隙100—150mm、对准容忍区域内实现满功率输出。

A. 4. 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A.10设计。



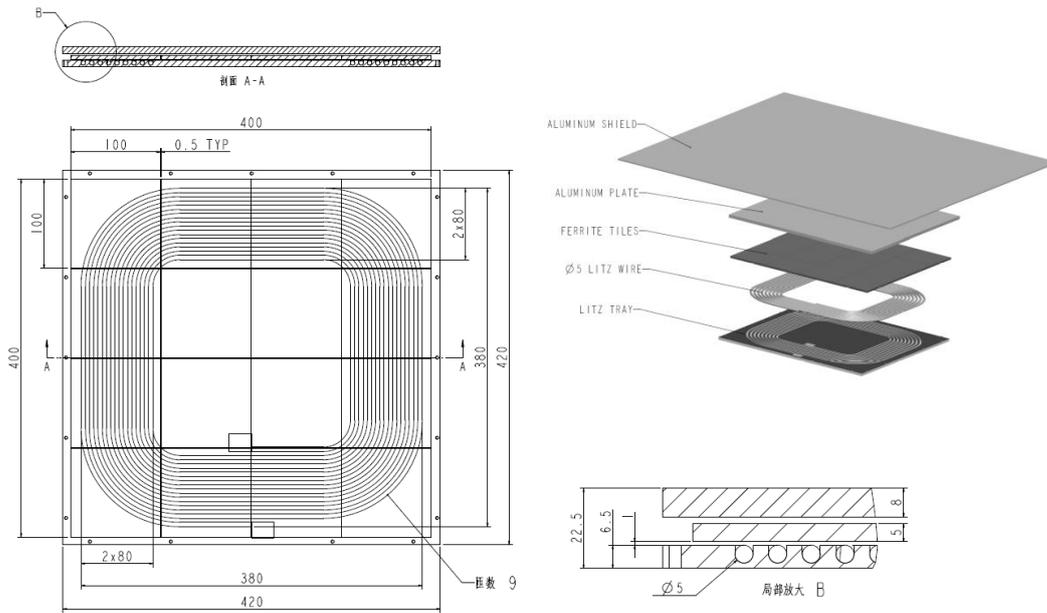
图A.10 MF-WPT3 Z2的车载参考设备的机械结构

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、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.4.4 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国家图A.11设计。



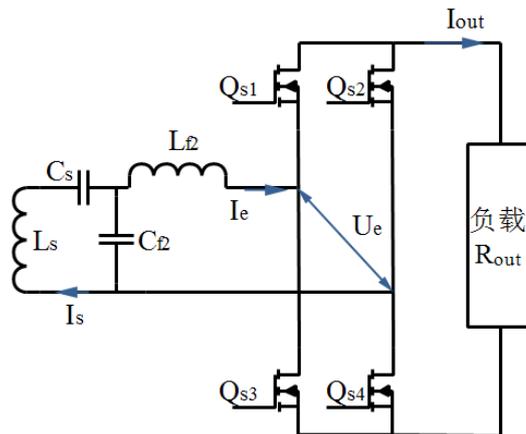
图A.11 MF-WPT3 Z3的车载参考设备的机械结构

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，应在离地间隙170—250mm、对准容忍区域内实现满功率输出。

A.4.5 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。



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.8设计。

表A.8 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[uH]	10.2	9.6	9.25

与GB/T 38775.6附录B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.9的要求。

表A.9 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A.10的要求。

表A.10 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	32A
最大整流器输入电压Ue值	415V
最大整流器输入电流Ie值	45A
副边设备线圈最大电流Is值	75A

附 录 B
(资料性附录)
测试对象功能及预检

B.1 B.1 初始对位预检方法

B.1.1 概述

初始对位检测是为了MF-WPT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节规定的功率传输要求及系统效率要求,并符合GB/T 38775.4中电磁环境安全以及GB/T 38775.5中电磁兼容性的要求。

7.2节规定的对准容忍区域为对位检测的参考值,实际初始对位检测在对准容忍区域之外,MF-WPT系统也可能满足7.3、7.4节规定的功率传输要求及系统效率要求,并符合GB/T 38775.4中电磁环境安全以及GB/T 38775.5中电磁兼容性的要求。

B.1.2 一般要求

初始对位检测宜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中附录A.2或A.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 $x \leq \pm 75\text{mm}$ 、 $y \leq \pm 100\text{mm}$ 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。

初始对位检测通过无法保证车辆在对准容忍区域内,为保证功率传输的安全性及可靠性,初始对位检测后系统宜进行互感值检测。

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

初始对位检测功能检测精度的测试步骤宜按以下进行:

- 1) 车载设备设置为最大离地间隙;
- 2) 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,检测结果为在对准容忍区域内;
- 3) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域X轴、Y轴正方向的最大允许偏移值,系统启动初始对位检测,检测结果为在对准容忍区域内;继续移动车载设备至超出X轴正方向最大允许偏移值2cm,初始对位检测结果为超出对准容忍区域;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2cm,初始对位检测结果为超出对准容忍区域;
- 4) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域X轴负方向、Y轴正方向的最大允许偏移值,系统启动初始对位检测,检测结果为在对准容忍区域内;继续移动车载设备至超出X轴负方向最大允许偏移值2cm,初始对位检测结果为超出对准容忍区域;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2cm,初始对位检测结果为超出对准容忍区域;

5) 车载设备中心对准点移动至对准容忍区域X轴正方向、Y轴负方向的最大允许偏移值，系统启动初始对位检测，检测结果为在对准容忍区域内；继续移动车载设备至超出X轴正方向最大允许偏移值2cm，初始对位检测结果为超出对准容忍区域；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2cm，初始对位检测结果为超出对准容忍区域；

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

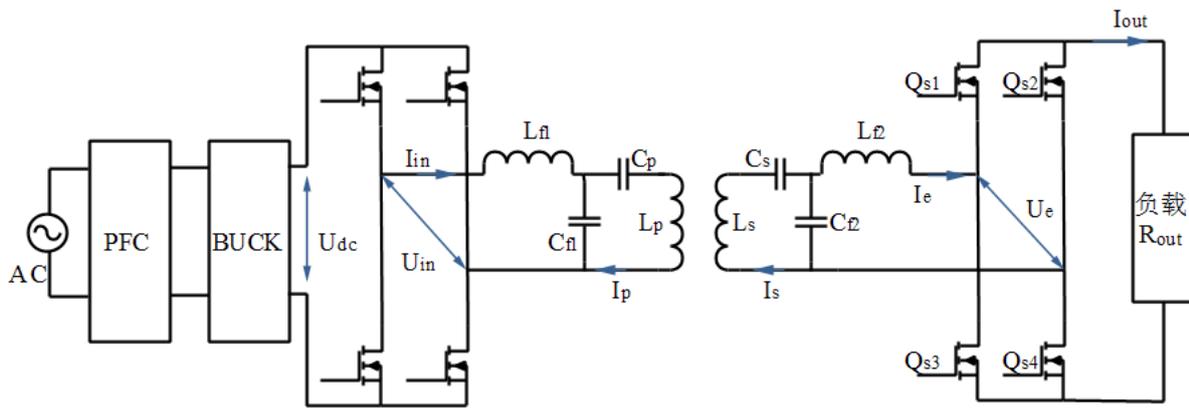
7) 车载设备设置为最小离地间隙，重复步骤2—6；

8) 车载设备设置为额定离地间隙，重复步骤2—6；

若初始对位检测的测试满足步骤2—8，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。



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 的计算公式为：

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

其中：

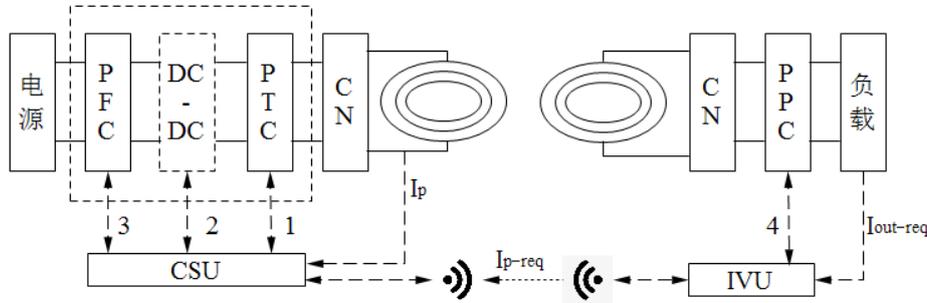
$$A_1 = (1 - \omega^2 L_{f2} C_{f2}) \left(j\omega L_s + \frac{1}{j\omega C_s} \right) + j\omega L_{f2}$$

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

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

其中 ω 为系统工作频率，对于A类设备， ω 的值为 $2\pi \times 85500$ ； L_{t2} 、 C_{t2} 、 L_s 、 C_s 为车载设备谐振补偿电容、电感的值，车载参考设备的取值参考附录A； P_{out} 、 I_{out} 分别为系统输出功率和输出电流，为车辆下发给车载设备的需求值。则， I_p 是和 I_e 、 M 相关的，即 M 的检测可通过测量 I_p 和 I_e 的值计算得到。

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 的检测框图如下图所示。



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，宜不启动功率传输。

M_{min} 和 M_{max} 的值可通过GB/T38775.6附录B中表B.4和表B.5的数据计算得到，计算公式为：

$$M_{min} = k_{min} \sqrt{L_{pmax} L_{smin}}$$

$$M_{max} = k_{max} \sqrt{L_{pmin} L_{smax}}$$

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可相互识别地面设备以及停在原边设备上方的车载设备。

配对功能应满足以下特征之一：

- 1) 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）；
- 2) 车载设备可识别地面设备发出的配对信号；
- 3) 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：

- 1) 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。
- 2) 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：
 - 地面设备ID；
 - 识别成功信号。
- 3) 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。
- 4) 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。

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表3中序号为2、3、4、6、12、13、14、17的内容，宜提供表7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-WTP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中6.1节的要求，启动充电应符合38775.6中6.2节的要求，停止充电应符合38775.6中6.3节的要求。

A类车载设备准备充电阶段的频率检测及频率锁定应采用附录C的方法实现。

B类车载设备的频率检测及频率锁定功能由设备制造商和用户协商确定。

附录 C
(资料性附录)
频率检测及频率锁定

C.1 概述

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供应商和用户协商确定。

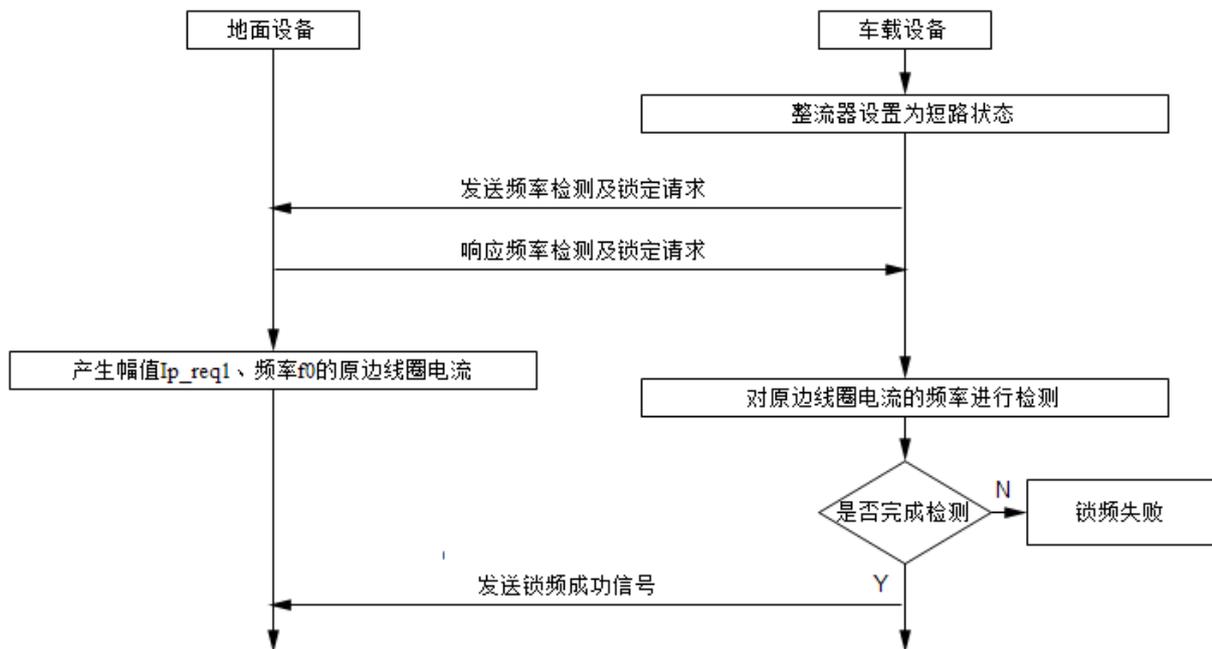
MF-WTP系统在定频率工作时，地面设备和车载设备的工作频率相差应在 $\pm 50\text{Hz}$ 的范围内。

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：

- (1) 车载设备的整流器设置为短路状态；
- (2) 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发射电流的频率（频率标称 85.5kHz ，误差 $\leq \pm 50\text{Hz}$ ）

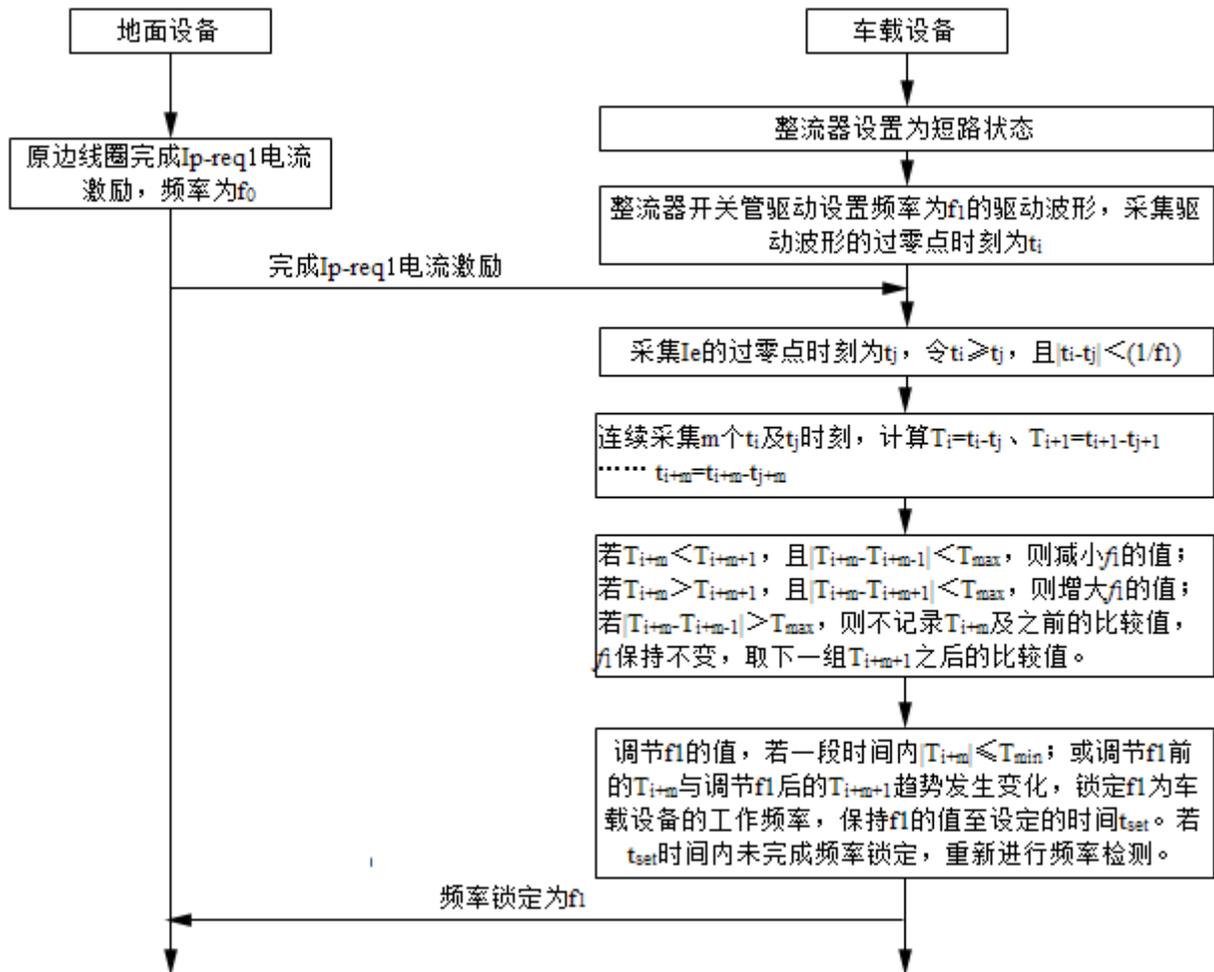
(3) 地面设备对发射线圈进行较小电流 I_{p_req1} 激励，其频率 f_0 即为地面设备的工作频率；其中 I_{p_req1} 宜不超过15A；

(4) 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；

(5) 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：

(1) 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_{p_req1} 激励，其频率 f_0 即为地面设备的工作频率。

(2) 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。

(3) 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 $|t_i - t_j| < (1/f_i)$, 即保证 t_i 、 t_j 在驱动器频率 f_i 的一个工作周期内。

(4) 连续采集 m ($m \geq 10$) 个 t_i 及 t_j 时刻, 计算 $T_i = t_i - t_j$ 、 $T_{i+1} = t_{i+1} - t_{j+1} \dots \dots t_{i+m} = t_{i+m} - t_{j+m}$ 。

(5) 若 $T_{i+m} < T_{i+m+1}$, 且 $|T_{i+m} - T_{i+m-1}| < T_{max}$, 则减小 f_i 的值; 若 $T_{i+m} > T_{i+m+1}$, 且 $|T_{i+m} - T_{i+m+1}| < T_{max}$, 则增大 f_i 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_i 保持不变, 取下一组 T_{i+m+1} 之后的比较值。

注: T_{max} 为设定值, 其取值计算为 $1/f_i$, 当 $f_i = 85.5\text{kHz}$ 时, $T_{max} = 11.7\mu\text{s}$ 。

(6) 按照步骤(4)调节 f_i 的值, 达到以下条件之一, 锁定频率 f_i 为车载设备的工作频率, 保持 f_i 的值至设定的时间 t_{set} 。

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

—— 调节 f_i 前的 T_{i+m} 与调节 f_i 后的 T_{i+m+1} 变化趋势发生变化, 例如调节 f_i 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_i 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_i 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_i 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4。

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

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2s。

注3: 若在多次返回步骤4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4的次数宜设置为4次。