

ICS 43.040.10
T 35

团 体 标 准

T/CPSS 1009—2024

电动汽车静态双向无线电能传输系统 技术规范

Technical specification for static bidirectional
wireless power transfer system of electric vehicle

2024-09-05 发布

2024-09-06 实施

中国电源学会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 3

5 系统构成 3

6 分类 5

 6.1 分类依据 5

 6.2 功率等级 5

 6.3 补偿拓扑的对称性 5

7 系统总体要求 5

 7.1 一般要求 5

 7.2 系统保护要求 6

 7.3 地端线圈的安装 6

 7.4 测量原则 7

 7.5 偏移范围 8

 7.6 效率要求 8

 7.7 系统功能要求 9

 7.8 安装要求 9

8 结构要求 9

 8.1 车端要求 9

 8.2 车载集成化装置接口要求 10

 8.3 车载集成化装置安装要求 10

9 标识和说明要求 10

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。

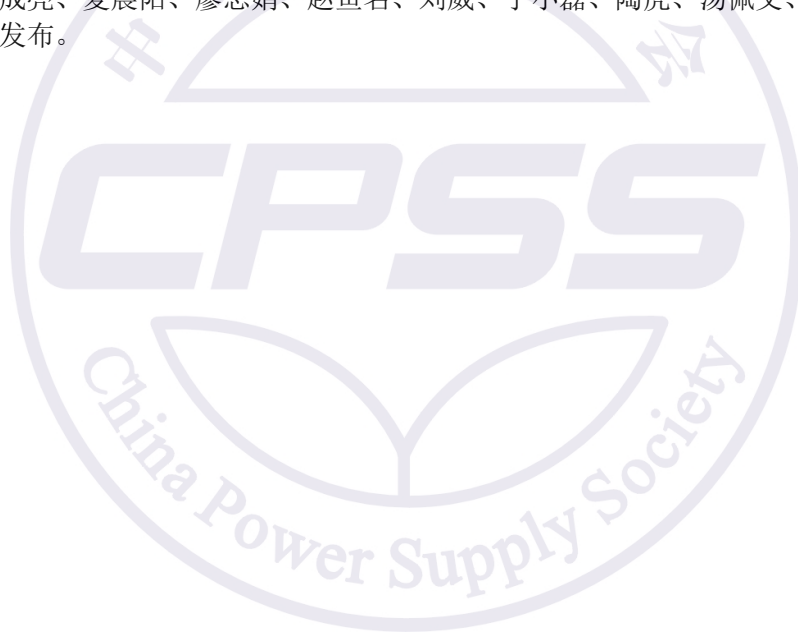
本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国电源学会提出并归口。

本文件起草单位：重庆大学、广西电网有限责任公司电力科学研究院、重庆长安新能源汽车科技有限公司、重庆华创智能科技研究院有限公司、国网电力科学研究院有限公司、江苏方天电力技术有限公司、中国矿业大学、重庆前卫科技集团有限公司、宇通客车股份有限公司、广西交投科技有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、中国电力科学研究院有限公司、广西电网有限责任公司。

本文件主要起草人：王智慧、陈绍南、唐春森、肖静、左志平、莫宇鸿、唐德钱、胡宏晟、李小飞、桑林、王可、王成亮、夏晨阳、廖志娟、赵鱼名、刘威、宁小磊、陶虎、汤佩文、蒋成、奉斌。

本文件首次发布。



电动汽车静态双向无线电能传输系统技术规范

1 范围

本文件规定了电动汽车静态双向无线电能传输系统的系统总体要求、结构要求、标识和说明要求。
本文件适用于基于磁耦合技术的电动汽车静态双向无线电能传输系统，其地面端供电来自电网，车载端动力电池额定电压最大值为 1 500 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 1589—2016 汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值
- GB/T 156—2017 标准电压
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 24337—2009 电能质量 公用电网间谐波
- GB/T 33594—2017 电动汽车充电用电缆
- GB/T 37133—2018 电动汽车用高压大电流线束和连接器技术要求
- 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 38775.5—2021 电动汽车无线充电系统 第 5 部分：电磁兼容性要求和实验方法
- 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
- GB/T 39572.1—2020 并网双向电力变流器 第 1 部分：通用要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地端线圈 ground coil

安装在地面端的能量发射/接收线圈，正向传输时作为能量发射线圈，反向传输时作为能量接收线圈，与车端线圈耦合，将电能与磁能进行双向转化的装置。

3.2

车端线圈 vehicle coil

安装在电动汽车上的能量发射/接收线圈，正向传输时作为能量接收线圈，反向传输时作为能量发射线圈，与地端线圈耦合，将电能与磁能进行双向转化的装置。

3.3

离网 off grid

离开电网，与电网断开连接或未连接电网。

3.4

无线电能传输 wireless power transfer; WPT

一种借助于空间无形软介质(如电场、磁场、微波等)实现将电能由电源端传递至用电设备的一种供

电模式。

注：无线电能传输技术也可称为非接触电能传输技术(contactless power transfer, CPT)。

3.5

电动汽车静态双向无线电能传输 **electric vehicle static bidirectional wireless power transfer**

地端线圈与车端线圈保持相对静止，可将电网交流电经过一系列电能变换，通过无线电能传输技术为电动汽车动力电池充电，也可对电动汽车动力电池通过无线电能传输技术进行放电，将动力电池的电能回馈到电网或者直接为本地负载供电，实现车-电网能量互动。

3.6

正向传输 **forward transfer**

电能的传输方向，指电网电能通过无线电能传输技术对电动汽车动力电池进行充电。

注：正向传输也可称为电网至电动汽车动力电池（grid to vehicle, G2V）。

3.7

反向传输 **backward transfer**

电能的传输方向，指电动汽车动力电池的电能通过无线电能传输技术进行放电。

注：反向传输包括电动汽车动力电池至电网（vehicle to grid, V2G）、电动汽车动力电池至本地负载（vehicle to local load）等。

3.8

机械气隙 **mechanical air gap**

地端线圈封装上表面与车端组件下表面的最短距离。

3.9

工作气隙 **operational air gap**

地端线圈上表面与车端线圈下表面的最短距离。

3.10

双向 AC/DC 变换器 **bidirectional AC/DC converter**

实现工频交流电与直流电双向电能变换功能的电力电子设备。

3.11

双向 DC/DC 变换器 **bidirectional DC/DC converter**

实现直流调压电能变换功能，并允许电能双向流动的电力电子设备。

3.12

双向 DC/HFAC 变换器 **bidirectional DC/HFAC converter**

实现直流电与高频交流电双向电能变换功能的电力电子设备。

3.13

地端功率组件 **ground power components**

安装在地面端，将电网电能与地端线圈磁能进行双向转化所涵括电力电子设备的总称。

注：地端功率组件包括双向 AC/DC 变换器、双向 DC/DC 变换器、双向 DC/HFAC 变换器等。

3.14

车端功率组件 **vehicle power components**

安装在电动汽车上，将动力电池电能与车端线圈磁能进行双向转化所涵括电力电子设备的总称。

注：车端功率组件包括双向 DC/HFAC 变换器、双向 DC/DC 变换器等。

3.15

地端组件 **ground assembly**

电动汽车静态双向无线电能传输系统的地面端设备统称。

注：地端组件包括双向 AC/DC 变换器、双向 DC/DC 变换器、双向 DC/HFAC 变换器、地端补偿网络、地端线圈、地端控制器及通信单元等。

3.16

车端组件 vehicle assembly

电动汽车静态双向无线电能传输系统的车载端设备统称。

注：车端组件包括双向 DC/HFAC 变换器、双向 DC/DC 变换器、车端补偿网络、车端线圈、车端控制器及通信单元等。

3.17

双向传输效率 bidirectional transfer efficiency

包括正向传输效率与反向传输效率：

- a) 正向传输效率：电动汽车动力电池充电功率与电网输入功率之比，其计算方法如式（1）；
- b) 反向传输效率：电动汽车动力电池放电功率与电网吸收功率之比，其计算方法如式（2），或电动汽车电池放电功率与本地负载吸收功率之比，其计算方法如式（3）。

$$\eta_{G2V} = \frac{P_{bat}}{P_{grid}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\eta_{V2G} = \frac{P_{grid}}{P_{bat}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\eta_{V2X} = \frac{P_{local_load}}{P_{bat}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

P_{bat} ——电池充电功率或电池放电功率,单位为瓦特(W);

P_{grid} ——电网侧输入功率或电网侧吸收功率,单位为瓦特(W);

P_{local_load} ——本地负载吸收功率,单位为瓦特(W)。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MF-BWPT: 磁耦合双向无线电能传输 (Magnetic Field Coupled Bidirectional Wireless Power Transfer)

AC/DC: 交流-直流 (Alternating Current/Direct Current)

DC/DC: 直流-直流 (Direct Current/Direct Current)

HFAC: 高频交流电 (High-Frequency Alternating Current)

S-S: 串联-串联 (Series-Series)

LCC: 电感-电容-电容 (Inductance Capacitance Capacitance)

LCL: 电感-电容-电感 (Inductance Capacitance Inductance)

5 系统构成

图 1 给出了电动汽车静态双向无线电能传输系统整体示意图。

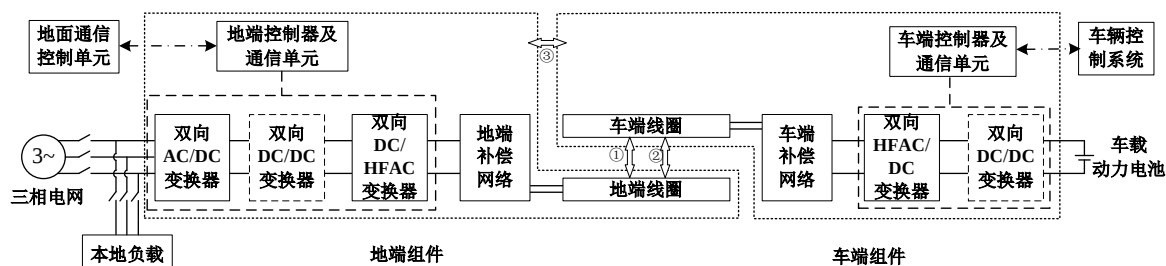


图1 电动汽车静态双向无线电能传输系统整体示意图

电动汽车静态双向无线电能传输系统主要包括以下设备类型：

- a) 本地负载：与电动汽车静态双向无线电能传输系统组成局部电网，并网时作为电网负载，离网时作为电动汽车静态双向无线电能传输系统的负载，消耗车载动力电池放电的电能。
- b) 地端组件：
 - 1) 双向 AC/DC 变换器：实现工频交流电与直流电的双向电能变换，可工作在整流状态的同时实现功率因数校正，也可工作在逆变状态实现并网或为本地负荷供电；
 - 2) 双向 DC/DC 变换器（可选）：工作时调节直流输出电压，实现直流调压电能变换功能，且允许电能的双向传输；
 - 3) 双向 DC/HFAC 变换器：实现直流电与高频交流电双向电能变换功能。正向传输时工作在逆变状态，将直流电逆变成高频交流电注入补偿网络，进一步激发线圈磁场；反向传输时可将高频交流电整流成直流电，供给下一级设备；
 - 4) 地端补偿网络：与地端线圈形成谐振关系，补偿无功功率，提升系统效率；
 - 5) 地端线圈：实现电能与磁能双向转化的装置，可采用地埋安装与地面安装，与车端线圈耦合，通过①无线电能传输通道实现能量的双向传输；
 - 6) 地端控制器：用于控制地端功率组件以及控制地端通信单元；
 - 7) 地端通信单元：实现地端与车端的通信连接，并与地面通信控制单元进行信息交互，用于监测信息的传递；与车端通信单元的通信信道包含②近场通信信道，③无线通信信道。
- c) 车端组件
 - 1) 车端线圈：实现电能与磁能双向转化的装置，通常安装在车辆底盘，通过①无线电能传输通道与地端线圈耦合，其尺寸与安装与目标车型相关，满足车辆适配性安装原则；
 - 2) 车端补偿网络：与车端线圈形成谐振关系，补偿无功功率，提升系统效率；
 - 3) 双向 DC/HFAC 变换器：实现直流电与高频交流电双向电能变换功能，反向传输时工作在逆变状态，将直流电逆变成高频交流电注入补偿网络，进一步激发线圈磁场；正向传输时可将高频交流电整流成直流电，供给车载电池；
 - 4) 车端控制器：用于控制车端功率组件以及控制车端通信单元；
 - 5) 车端通信单元：实现车端与地端的通信连接，并与车辆控制系统进行信息交互，用于监测信息的传递；与地端通信单元的通信信道包含②近场通信信道，③无线通信信道（如 WIFI、蓝牙等）；
 - 6) 双向 DC/DC 变换器（可选）：工作时调节直流输出电压，实现直流调压电能变换功能，且允许电能的双向传输。

6 分类

6.1 分类依据

本部分的电动汽车静态双向无线电能传输系统的分类依据如下两个因素：

- a) 功率等级；
- b) 补偿拓扑的对称性。

6.2 功率等级

电动汽车静态双向无线电能传输系统的功率等级定义为正向传输时电动汽车动力电池充电功率与反向传输时流入电网或本地负载的功率，功率等级分类见表 1。

表1 功率等级分类

类别	MF-BWPT1	MF-BWPT2	MF-BWPT3	MF-BWPT4	MF-BWPT5	MF-BWPT6	MF-BWPT7
功率范围 kW	$P \leq 3.7$	$3.7 < P \leq 7.7$	$7.7 < P \leq 11.1$	$11.1 < P \leq 22$	$22 < P \leq 33$	$33 < P \leq 66$	$P > 66$

6.3 补偿拓扑的对称性

电动汽车静态双向无线电能传输系统根据地面端与车载端所用补偿拓扑类型是否一致，可按照表 2 将其分为：

- a) 对称补偿拓扑类型，即地面端与车载端所用补偿拓扑类型一致；
- b) 非对称补偿拓扑类型，即地面端与车载端所用补偿拓扑类型不一致。

表2 补偿拓扑对称性分类

类别	对称补偿拓扑类型	非对称补偿拓扑类型
典型拓扑	S-S、LCC-LCC、LCL-LCL等	LCC-S等
注：地端、车端补偿拓扑类型不限于以上所列，宜使用LCC-LCC对称拓扑类型。		

7 系统总体要求

7.1 一般要求

电动汽车静态双向无线电能传输系统的一般要求包括：

- a) 地面端供电设备的电压等级应符合 GB/T 156—2017 规定的标准标称电压。其中，交流电频率应符合 GB/T 38775.1—2020 中 5 的规定，即交流电频率 $50 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ ，对于特殊用途的交流电可以使用其他频率；
- b) 电动汽车静态双向无线电能传输系统的地端组件，当出现异常状况时能有效保护，确保能最大程度地保证使用者以及周边环境安全；
- c) 电动汽车静态双向无线电能传输系统车载组件应符合标准 GB/T 38775.7—2021 中 6 的规定；
- d) 并网时电动汽车静态双向无线电能传输系统与电网连接处的谐波电压应符合标准 GB/T 24337—2009 中 4 的规定；
- e) 并网时双向电力变换器的性能要求与危险防护要求应符合标准 GB/T 39572.1—2020 中 5 与 6 的规定。

7.2 系统保护要求

电动汽车静态双向无线电能传输系统应具备空载保护、过压保护、欠压保护、过流保护、防孤岛保护、通信中断保护等措施，且具备良好的可维护性。

7.3 地端线圈的安装

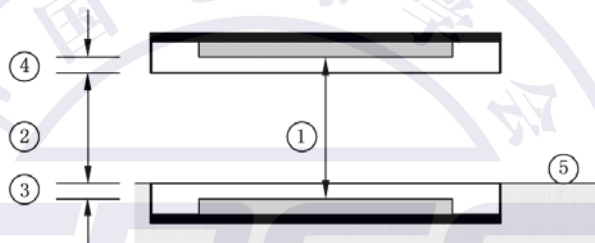
7.3.1 安装方式

地端线圈的安装方式有：

- a) 地埋安装；
- b) 地上安装；
- c) 其他安装方式（如汽车顶部上方安装、墙面安装、地端线圈升降式安装等）。

7.3.2 地埋安装

地埋安装如图 2 所示，地端线圈完全埋藏于地下，地端线圈的表面存在于 Z 轴零坐标处。



标引序号说明：

- ①——工作气隙（线圈距离）；
- ②——机械气隙；
- ③——地端线圈封装和保护高度（含盖板）；
- ④——车端线圈封装和保护高度；
- ⑤——路面。

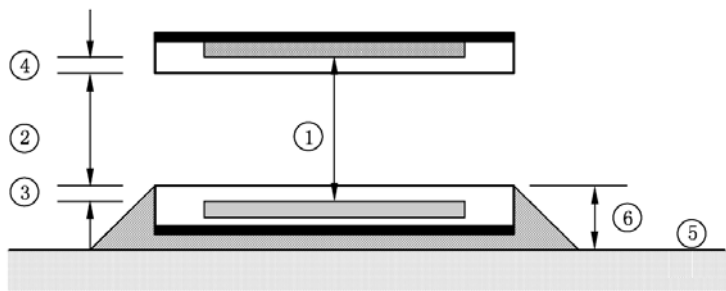
注：地端线圈和车端线圈之间的距离大于或等于车端线圈到地面的间隙。

图2 地埋安装

7.3.3 地上安装

地上安装如图 3 所示，地端线圈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制造商的安装指南给定。

最大安装高度也应符合国家相关管理条例，如城市道路管理条例。



标引序号说明：

- ①——工作气隙（线圈距离）；
- ②——机械气隙；
- ③——地端线圈封装和保护高度（含盖板）；
- ④——车端线圈封装和保护高度；
- ⑤——路面；
- ⑥——安装高度。

图3 地上安装

7.4 测量原则

7.4.1 坐标系

描述地端、车端设备的三维坐标系如图 4 所示，X 轴为车辆行驶方向，+X 表示车头方向，Y 轴为垂直于行驶方向，Z 轴为高度，该坐标系的原点（地端线圈中心点）为参考点。

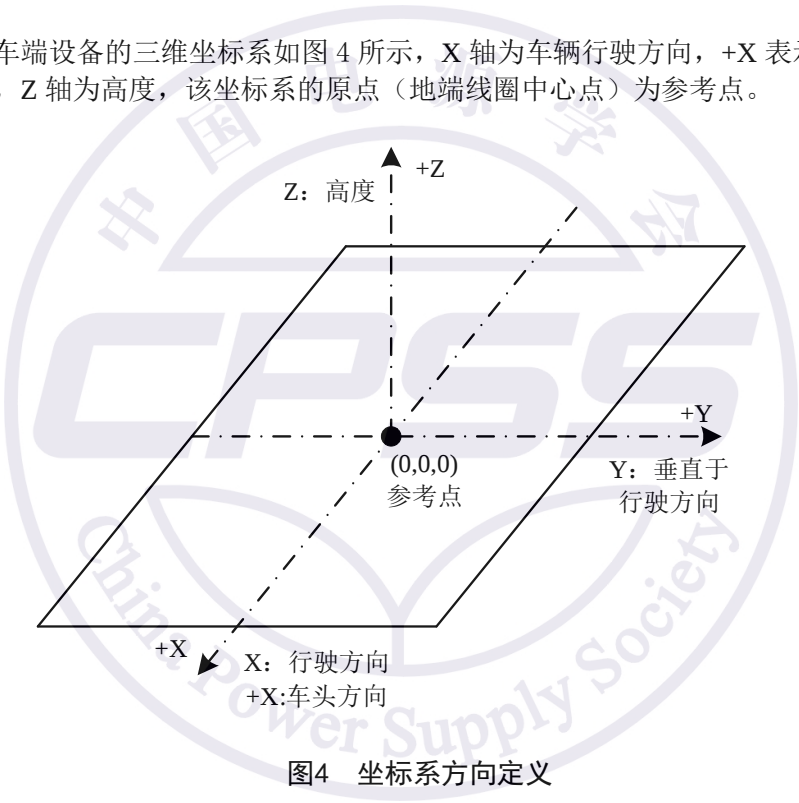


图4 坐标系方向定义

7.4.2 偏移量

X、Y 方向上的偏移量为车端线圈中心点与原点（地端线圈中心点）之间的偏差，如图 5 所示，其参数说明见表 3。

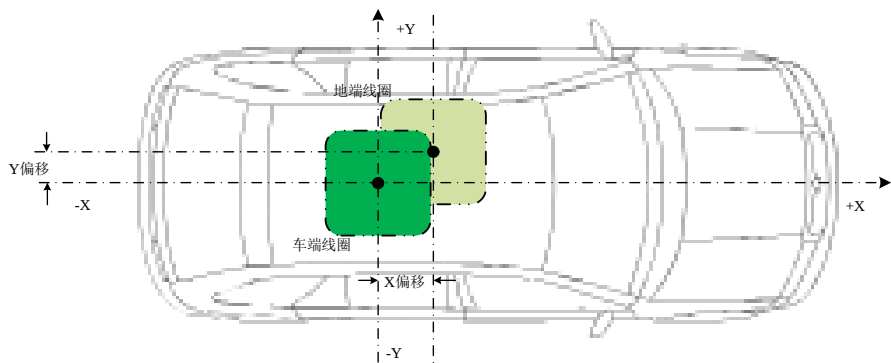


图5 X方向与Y方向的最大偏移

表3 偏移

方向	偏移距离 mm	坐标轴
行驶方向	$\pm x$	X
行驶方向的横向	$\pm y$	Y
高度方向	$\pm z$	Z

7.4.3 机械气隙分类

按照机械气隙大小，可将机械气隙分为四类，如表4所示。

表4 机械气隙分类

机械气隙类别	机械气隙大小 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机械气隙仅考虑 Z1、Z2 和 Z3 三个类型。

7.5 偏移范围

在 7.4.3 所规定的机械气隙 Z1、Z2、Z3 的条件下，电动汽车静态双向无线电能传输系统的地端线圈与车端线圈所容忍的偏移范围如表5所示。

表5 偏移范围

等级	MF-BWPT1	MF-BWPT2	MF-BWPT3	MF-BWPT4	MF-BWPT5	MF-BWPT6	MF-BWPT7
X 方向 mm	± 75	± 75	± 75	± 75	± 75	± 75	± 75
Y 方向 mm	± 100	± 100	± 100	± 100	± 100	± 100	± 100

7.6 效率要求

在 7.4.3 所规定的机械气隙 Z1、Z2、Z3 的条件下，不同功率等级的电动汽车静态双向无线电能传输系统在额定工况及表5所规定的最大偏移范围内的双向传输效率的最小值应符合表6的规定。

表6 额定工况下不同功率等级的双向传输效率

对准情况	双向传输效率
中心对准点	$\geq 85\%$
对准容忍区域	$\geq 80\%$

7.7 系统功能要求

应符合 GB/T 38775.3—2020 中 5.8 的规定。

此外，电动汽车静态双向无线电能传输系统应支持在线切换电能传输方向，能够实现快速换向，对换向指令应在百毫秒内进行响应，响应过程确保系统的稳定可靠运行；支持对电池电压、电池容量、充放电电流等电池状态以及电网状态进行监测、控制。

7.8 安装要求

电动汽车静态双向无线电能传输系统的车载组件集成装置的安装不可对车辆本身的结构强度和车辆安全性造成影响，不影响车身底部离地距离以及车辆的平衡性能；若采用破坏性安装方式，应满足《中华人民共和国道路交通安全法》等相关管理规定，并与相关部门进行协调；此外应对车辆加装电磁屏蔽装置，避免对车内人员、车辆走线、车载设备等造成影响，宜采用加装铝板对线圈周围设备进行防护以达到电磁屏蔽要求，加装铝板示意图如图 6 所示，相关电磁限制应满足国标 GB/T 38775.5—2021 规定。

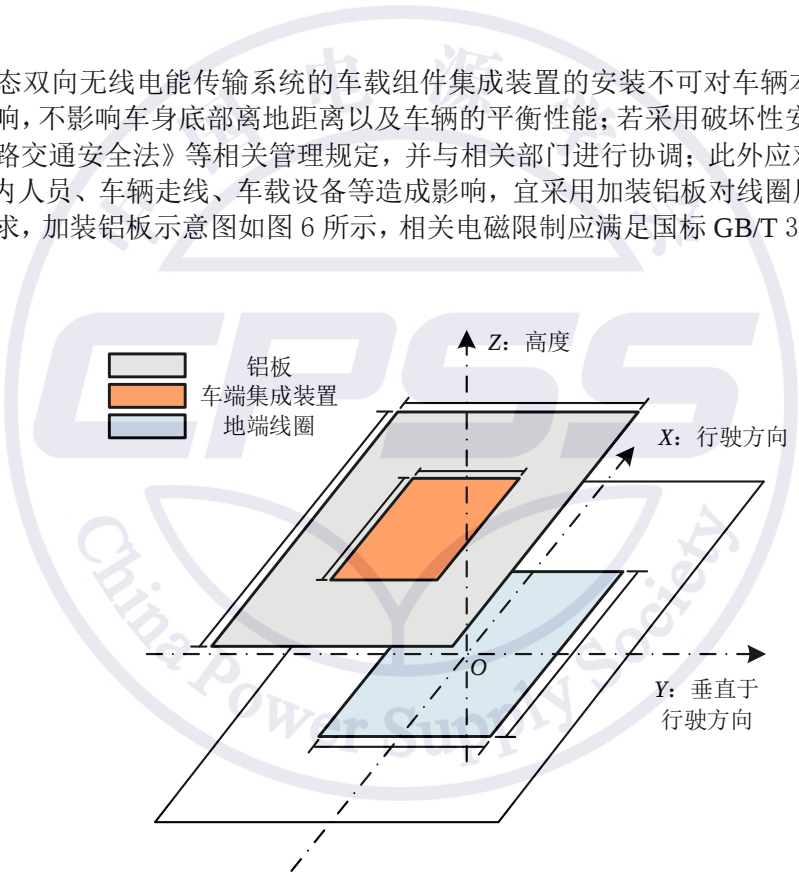


图6 铝板尺寸示意图

8 结构要求

8.1 车端要求

8.1.1 车端线圈要求

电动汽车静态双向无线电能传输系统车端线圈宜采用平面方形线圈，根据 7.4.3 所规定的机械气隙 Z1、Z2、Z3，不同功率等级的车端线圈尺寸如表 7 所示。

表7 不同功率等级车端线圈尺寸

机械 气隙	功率等级						
	MF-BWPT1	MF-BWPT2	MF-BWPT3	MF-BWPT4	MF-BWPT5	MF-BWPT6	MF-BWPT7
Z1	280 mm	280 mm	300 mm	A	A	A	A
Z2	350 mm	350 mm	350 mm	A	A	A	A
Z3	420 mm	420 mm	420 mm	A	A	A	A
注：A 表示待定，待后续版本修订或在其他标准中制定。							

同时，车端线圈尺寸宜小于 GB 1589—2016 中规定的车辆宽度的 50%，车端线圈、车端功率组件及车端控制单元宜采用集成一体化设计，集成一体化设计结构参考示意如图 7 所示。

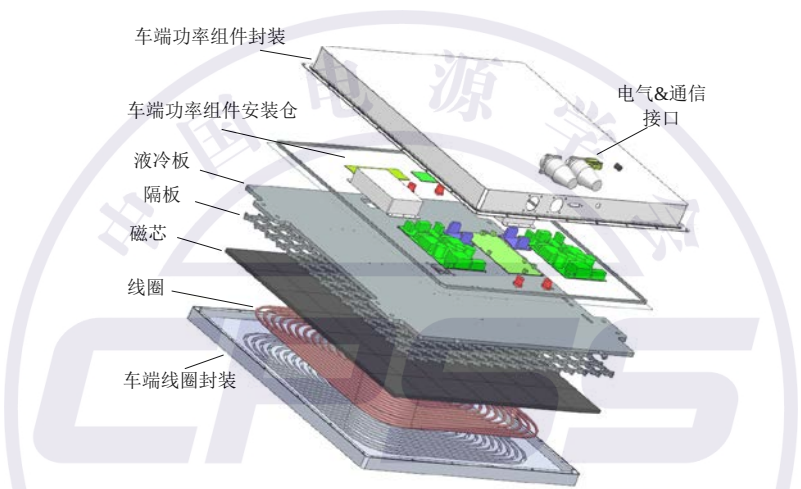


图7 车端集成化装置参考示意图

8.1.2 车端集成化装置散热要求

为满足车端集成化设计的高功率密度要求，宜采用液冷散热方式进行车载设备散热。

8.2 车载集成化装置接口要求

电动汽车静态双向无线电能传输系统车载设备宜统一接口类型，所使用的接口其防水防尘应满足 GB/T 4208—2017 中规定的 IP67 及以上要求，其绝缘耐压等相关电气特性应满足 GB/T 37133—2018 规定，所用线缆应符合 GB/T 33594—2017 规定。

8.3 车载集成化装置安装要求

车端集成化装置的安装固定装置应满足承重、抗震等相关要求，且不影响车辆行驶，固定装置应适配不同车型。

9 标识和说明要求

无线充电设备应以清晰的方式进行但不限于如下标记：

- a) 公司名称、简称、商标或用以清晰识别制造商的标识；（必选）
- b) 设备标号、产品编号；（必选）
- c) 序列号或生产批次号；（必选）

- d) 制造日期；（必选）
- e) 功率等级；（必选）
- f) 额定输入交流电网（AC）或直流电网（DC）；（必选）
- g) 额定工作频率（kHz）；（必选）
- h) 额定输出电流（A）、额定输出电压（V）；（必选）
- i) 地端是否支持并网和离网；（必选）
- j) 输入相数；（可选）
- k) IP 等级（防护等级）；（可选）
- 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）
- o) 产品符合的本系列标准版本号。（可选）

