

ICS 43.040.10
T 35
备案号：59237-2018

DB44

广东省地方标准

DB44/T 2099.5—2018

电动汽车无线充电系统 第5部分：安全

Electric vehicle wireless power transfer system—

Part 5: Safety and security

2018-01-02 发布

2018-04-02 实施

广东省质量技术监督局

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	2
5 通信安全	2
6 电气安全	8
7 机械安全	12
8 防雷	15
9 电磁场辐射	16
附录 A （资料性附录） 认证数据（Authentication Vector）的生成	19
附录 B （资料性附录） SIM 卡中的用户鉴权函数	20

前 言

DB44/T 2099—2018《电动汽车无线充电系统》分为十个部分：

- 第1部分：通用要求；
- 第2部分：通信协议；
- 第3部分：磁耦合；
- 第4部分：接口；
- 第5部分：安全；
- 第6部分：管理系统；
- 第7部分：电能计量要求；
- 第8部分：地面设施；
- 第9部分：车载设备；
- 第10部分：充电站。

本部分为DB44/T 2099—2018的第5部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由广东省电动汽车标准化技术委员会提出并归口。

本部分起草单位：中兴通讯股份有限公司、深圳市标准技术研究院、中兴新能源汽车有限责任公司、比亚迪汽车工业有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、广东省中山市质量技术监督标准与编码所、广东省东莞市质量监督检测中心、深圳市科陆电子科技股份有限公司、威凯检测技术有限公司、普天新能源有限责任公司、广汽三菱汽车有限公司、深圳市佳华利道新技术开发有限公司、广州能源检测研究院、深圳巴斯巴科技发展有限公司。

本部分主要起草人：刘红军、李海东、王益群、高士艳、胡超、梁丰收、牛凯华、刘秀田、唐君华、樊哲、何素虹、吴镇邦、庄智东、章登清、焦永杰、曹勇、陈华文、邵浙海、张鸿展、李红、刘洋成、蔡念浩、刘宜仔、郑楷演、令狐云波、李永生。

电动汽车无线充电系统 第5部分：安全

1 范围

本部分规定了电动汽车无线充电系统的通信安全、电气安全、机械安全、防雷和电磁场辐射。

本部分适合于地面通信控制单元、车载通信控制单元和无线充电控制管理系统属于同一个充电运营商的使用场景。

2 规范性引用文件

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

GB/T 4207-2012 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法

GB/T 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求

GB/T 5169.10-2006 电工电子产品着火危险试验 第10部分：灼热丝/热丝基本试验方法 灼热丝装置和通用试验方法

GB/T 5169.16-2008 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰 50W 水平与垂直火焰试验方法

GB/T 5169.21-2006 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验

GB 7251.1-2013 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则

GB 7251.5-2008 低压成套开关设备和控制设备 第5部分：对公用电网动力配电成套设备的特殊要求

GB/T 16935.1-2008 低压系统内设备的绝缘配合 第1部分：原理、要求和试验

GB/T 20138-2006 电器设备外壳对外界机械碰撞的防护等级 (IK代码)

GB/T 30789.3-2014 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 50057-2010 建筑物防雷设计规范

QC/T 895-2011 电动汽车用传导式车载充电机

DB44/T 2099.1-2018 电动汽车无线充电系统 第1部分：通用要求

ICNIRP 2010 ICNIRP时变磁场的电磁场暴露限值导则 (ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1 Hz–100 kHz))

IETF RFC 4346 传输层安全 (TLS) 协议 1.1版 (The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.1)

3 术语和定义

DB44/T 2099.1-2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

Wi 接口 Wi interface

WCCMS与IVU之间的接口

3.2

Wc 接口 Wc interface

WCCMS与CSU之间的接口

3.3

Ci 接口 Ci interface

CSU与IVU之间的接口

3.4

安全管理 security management

采取一定的技术手段，保证软件系统的完整性及软件系统不被破坏或泄露。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

EMC: 电磁兼容性 (Electro Magnetic Compatibility)

TLS: 传输层安全 (Transport Layer Security)

VIN: 车辆识别码 (Vehicle Identification Number)

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

IVU: 车载通信控制单元 (In-Vehicle Unit)

WPT: 无线功率传输 (Wireless Power Transfer)

5 通信安全

5.1 安全框架

电动汽车无线充电系统通信网络是连接地面通信控制单元、车载充电单元和无线充电控制管理平台的基础网络，其安全架构如图1。通信接口的安全主要是指保障控制信令和充电数据的安全性，主要的通讯接口包括IVU和WCCMS之间的接口Wi，CSU与WCCMS之间的接口Wc，CSU和IVU之间的接口Ci。

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

a) A1 类型

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

b) A2 类型

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

c) A3 类型

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

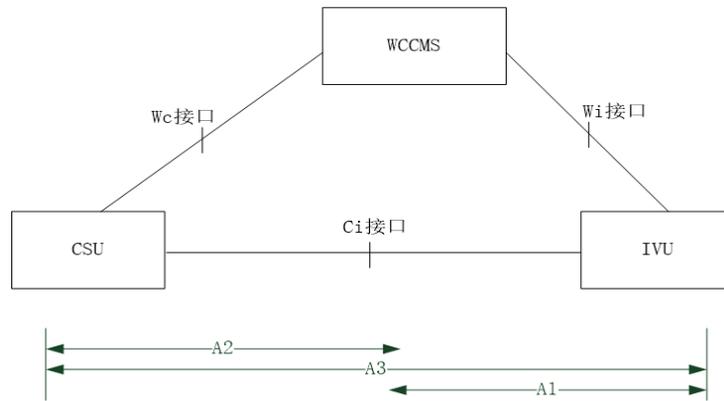


图1 电动汽车无线充电系统安全架构

5.2 安全需求

5.2.1 A1 类型安全需求

5.2.1.1 IVU 设备完整性验证需求

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

- IVU的硬件和固件完整性应进行安全管理；硬件模块和固件的更新应以安全的方式进行保护。
- IVU的软件完整性应进行安全管理；软件的初始安装、更新都应以安全的方式进行保护。
- IVU的参数应进行安全管理；设备的参数配置应以安全的方式进行保护。
- IVU中存储的敏感数据应得到安全保护；比如密钥信息应以物理安全的方式进行管理。

WCCMS应具备IVU的接入验证机制，以保证IVU的可信接入，如果IVU不能满足可信接入的需求，应能够采取必要的禁止访问或隔离的手段，并应具备相应的机制，引导被隔离的IVU进行安全性修补和升级。

5.2.1.2 IVU 与 WCCMS 通信接口 Wi 的安全需求

如图2所示的A1类型应支持WCCMS与IVU之间的相互认证，还应支持基于SIM卡的充电用户和WCCMS之间的双向认证。WCCMS和IVU之间应支持设备和用户组合认证。

WCCMS和IVU之间的通信应支持消息机密性和完整性保护。

WCCMS应具有安全机制以检测IVU设备和SIM的绑定关系。

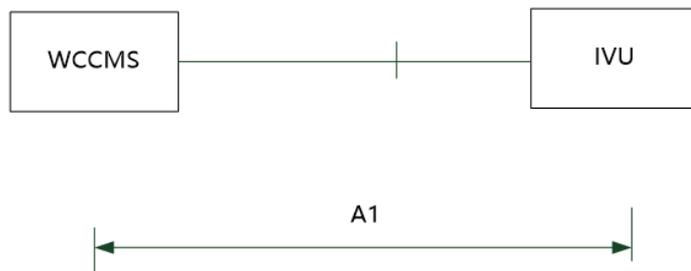


图2 A1 类型安全

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

- 1) TLS 选用版本应当不低于 V1.1 (RFC4346) ；
- 2) TLS 应能使用 IVU 和 WCCMS 各自的证书进行双向认证，必须使用 IVU 证书实现 WCCMS 对 IVU 的认证；

- 3) IVU 和 WCCMS 应该支持 X.509V3 数字证书的处理能力;
- 4) TLS 应支持相应 TLS 版本所强制的算法套件;
- 5) TLS 应至少支持下述密码套件: TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA;
- 6) WCCMS 和 IVU 应支持 TLS 中定义的会话恢复。

5.2.2 A2 类型安全需求

5.2.2.1 CSU 设备完整性验证要求

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

- CSU的硬件和固件完整性应进行安全管理;硬件模块和固件的更新应以安全的方式进行保护。
- CSU的软件完整性应进行安全管理;软件的初始安装、更新都应以安全的方式进行保护。
- CSU的参数应进行安全管理;设备的参数配置应以安全的方式进行保护。
- CSU中存储的敏感数据应得到安全保护;比如密钥信息应以物理安全的方式进行管理。

WCCMS应具备CSU的接入验证机制,以保证CSU的可信接入,如果CSU不能满足可信接入的需求,应能够采取必要的禁止访问或隔离的手段,并应具备相应的机制,引导被隔离的CSU进行安全性修补和升级。

5.2.2.2 CSU 与 WCCMS 通信接口 Wc 的安全要求

如图3所示的A2类型应支持WCCMS对CSU之间的相互认证;还应支持基于SIM卡的充电用户和WCCMS之间的双向认证。WCCMS和CSU之间应支持设备和用户组合认证。

WCCMS和CSU之间的通信应支持消息机密性和完整性保护。
WCCMS应具有安全机制以检测CSU设备和SIM的绑定关系。

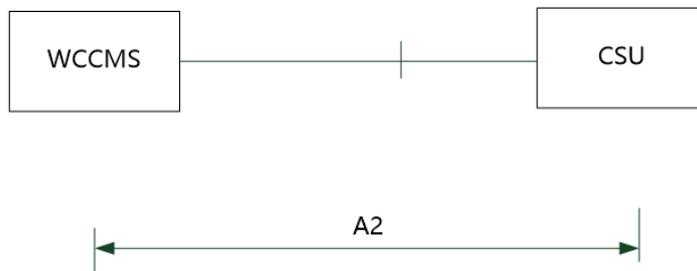


图3 A2 类型安全

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

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

5.2.3 A3 类型安全需求

如图4所示的A3类型应支持CSU和IVU的双向认证,之间传输的控制信令应具备机密性、完整性和数据源认证,之间传输的数据可进行完整性保护和数据源认证。

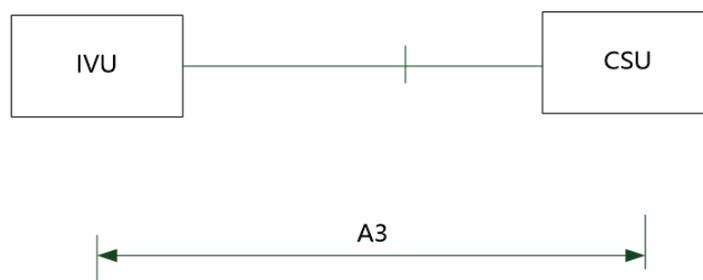


图4 A3 类型安全

IVU和CSU之间使用TLS保证控制信令的安全，其中：

- 1) IVU 和 CSU 必须使用各自的数字证书进行双向认证；
- 2) IVU 和 CSU 应该支持 X.509V3 数字证书的处理能力；
- 3) TLS 版本不低于 V1.1 (RFC4346)；
- 4) TLS 除了应当支持相应 TLS 版本所强制的算法套件，还应当额外支持市场上广泛部署的密码套件：TLS_RSA_WITH_3DES_EDE_CBC_SHA；
- 5) IVU 和 CSU 必须支持 TLS 中定义的会话恢复。

5.3 安全技术要求

5.3.1 A1/A2 安全技术要求

5.3.1.1 CSU (IVU) 设备完整性验证流程

为了保证CSU和IVU的设备可信，需要提供非易失性的可信环境用于存储设备的硬件、固件、软件和配置信息的验证信息，如图5。

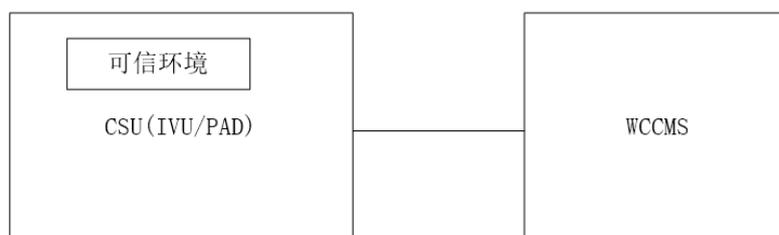


图5 可信环境

设备的完整性验证可以采用基于数字证书的非对称密钥设备完整性管理方法，其流程如图6。

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

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

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

WCCMS向CSU和IVU返回完整性校验响应。

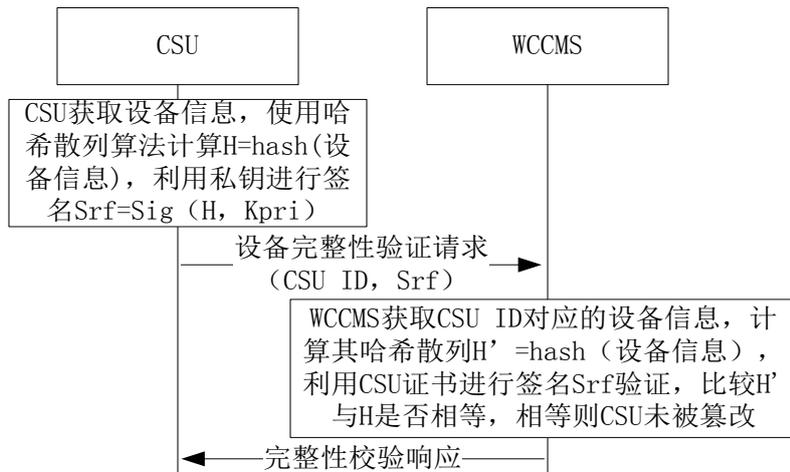


图6 设备完整性验证流程图

5.3.1.2 基本认证流程

基本认证流程如图7。

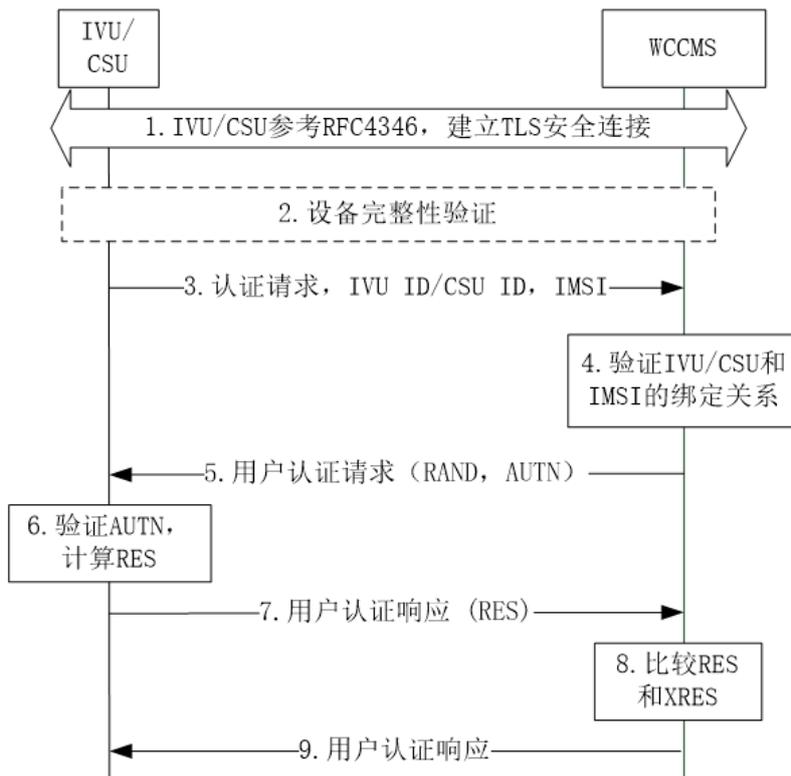


图7 基本认证流程图

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

可选地, IVU/CSU进行设备完整性验证, 详细流程参看4.3.1.1;

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

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

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

IVU/CSU验证AUTN，完成对网络的认证，并计算RES，算法参看附录B；

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

WCCMS验证RES和XRES的一致性；

如验证成功，WCCMS向IVU/CSU发送用户认证响应。

5.3.1.3 认证流程，并验证车，SIM 和设备的绑定

验证车，SIM和设备绑定的认证流程如图8。

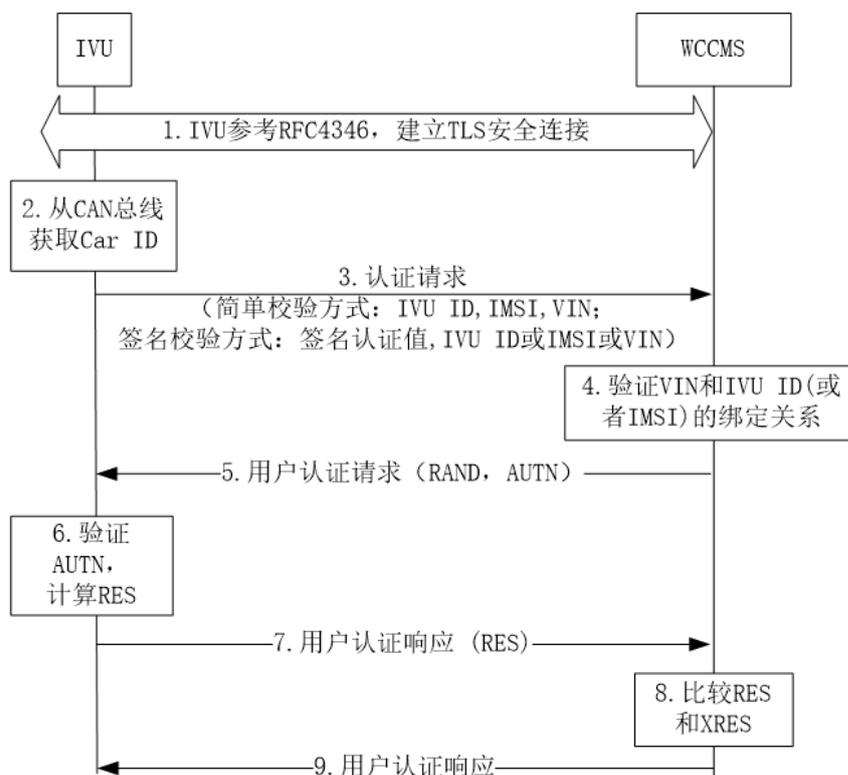


图8 验证车，SIM 和设备绑定的认证流程图

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

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

IVU向WCCMS发起认证请求，采用简单校验方式，参数包括IVU ID、IMSI和VIN；采用签名校验方式，参数包括签名认证值，和IVU ID、IMSI或VIN中的一个；WCCMS验证VIN和IVU ID（或者IMSI）的绑定关系；或者，通过签名认证值验证VIN和IVU ID（或者IMSI）的绑定关系；

步骤5-9与4.3.1.2中的步骤5-9相同。

5.3.2 A3 安全技术要求

5.3.2.1 A3 控制信令接口安全技术要求

IVU接入CSU的认证流程如图9。



图9 IVU 接入 CSU 的认证流程图

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

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

5.3.2.2 A3 数据接口安全技术要求

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

6 电气安全

6.1 铭牌和标识

6.1.1 铭牌和标识要求

设备铭牌应符合DB44/T 2099.1-2018中条款16.1规定的要求。

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

6.1.2 铭牌标识耐久性试验

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

6.2 绝缘电阻

6.2.1 绝缘电阻要求

应符合DB44/T 2099.1-2018中条款11.3规定的要求。

6.2.2 绝缘电阻试验

a) 地面设备:

输入对地（机壳）、输出对地（机壳）绝缘电阻测试：试验电压 DC 1000 V，测试时间 30 s，绝缘阻抗不低于 10 M Ω ；

b) 车载设备：

输入对机壳、输出对机壳绝缘电阻测试：试验电压 DC 1000 V，测试时间 30 s，绝缘阻抗不低于 10 M Ω 。

6.3 介电强度

6.3.1 介电强度要求

应符合DB44/T 2099.1-2018中条款11.4.1规定的要求。

6.3.2 介电强度试验

a) 地面设备：

1) 输入对地（机壳）、输出对地（机壳）耐压测试：按 DB44/T 2099.1-2018 中条款 11.4.1 表 7 的要求进行耐压试验，测试时间 1 min，测试过程中无绝缘击穿和飞弧现象；

2) 输入对通讯端口、输出对通讯端口 耐压测试：按 DB44/T 2099.1-2018 中条款 11.4.1 表 7 的要求进行耐压试验，测试时间 1 min，测试过程中无绝缘击穿和飞弧现象。

b) 车载设备：

1) 输入对地（机壳）、输出对地（机壳）耐压测试：按 DB44/T 2099.1-2018 中条款 11.4.1 表 7 的要求进行耐压试验，测试时间 1 min，测试过程中无绝缘击穿和飞弧现象；

2) 输入对通讯端口、输出对通讯端口 耐压测试：按 DB44/T 2099.1-2018 中条款 11.4.1 表 7 的要求进行耐压试验，测试时间 1 min，测试过程中无绝缘击穿和飞弧现象。

6.4 冲击耐压

6.4.1 冲击耐压要求

应符合DB44/T 2099.1-2018中条款11.4.2规定的要求。

6.4.2 冲击耐压试验

在无线充电系统的控制柜非电气连接的各带电回路之间、各独立带电回路与地（金属外壳）之间按 DB44/T 2099.1-2018中条款11.4.1 表8的规定施加3次正极性和3次负极性标准雷电波的短时冲击电压，每次间隙不小于5 s，脉冲波形1.2/50 μ s，电源阻抗500 Ω ，试验时其他回路和外露的导电部分接地，试验过程中，试验部位不应出现击穿放电，允许出现不导致损坏绝缘的闪络。如果出现闪络，则应复查介电强度，介电强度试验电压为规定值的75%。

6.5 接地电阻

6.5.1 接地电阻要求

a) 无线充电系统控制柜保护连接导体接地连续性应满足如下要求：

1) 额定电流 I 小于或等于 16A 时，保护连接导体的阻值不能超过 0.1 Ω ，测试后保护连接导体不能损坏；

2) 额定电流 I 大于 16 A 时，保护连接导体(保护连接导体的最小尺寸见表 1 要求)的压降不能超过 2.5 V，测试后保护连接导体不能损坏。

表1 保护连接导体的最小尺寸

要考虑的电路电流额定值/A	最小导体尺寸	
	横截面积/mm ²	AWG 或 kcmil/(横截面积 mm ²)
16 < I ≤ 25	1.5	14 (2)
25 < I ≤ 32	2.5	12 (3)
32 < I ≤ 40	4	10 (5)
40 < I ≤ 63	6	8 (8)
63 < I ≤ 80	10	6 (13)
80 < I ≤ 100	16	4 (21)
100 < I ≤ 125	25	2 (33)
125 < I ≤ 160	35	1 (42)
160 < I ≤ 190	50	0 (53)
190 < I ≤ 230	70	000 (85)
230 < I ≤ 260	95	0000 (107)
260 < I ≤ 300	120	250kcmil (126)
300 < I ≤ 340	150	300kcmil (152)
340 < I ≤ 400	185	400kcmil (202)
400 < I ≤ 460	240	500kcmil (253)

注：所提供的AWG和kcmil尺寸仅供参考，括号中的相关截面积仅给出经圆整的有效数。AWG 是美国线规，术语“cmil”系指圆密耳1个圆密耳等于直径为1密耳(千分之一英寸)的圆面积。这些术语通常在北美用于说明导线的尺寸。

c) 无线充电系统车载设备等电位连续性应满足如下要求：

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

6.5.2 接地电阻试验

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

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

6.6 接触电流

6.6.1 接触电流要求

应符合 DB44/T 2099.1-2018 中条款 11.2 规定的要求。

6.6.2 接触电流试验

在无线充电系统正常工作时，用接触电流测试仪器（模拟人体阻抗）进行测试，测试每根输入火线、零线与保护地线的泄漏电流值，试验方法应满足 DB44/T 2099.1-2018 中条款 11.2 的要求。

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

6.7 设备内电容器的放电

6.7.1 电容器放电要求

应符合 DB44/T 2099.1—2018 中条款 11.3 规定的要求。

6.7.2 电容器放电试验

无线充电系统正常工作时，从设备外部连接端子断开后开始计时，人员可触及的导电部分之间或任何导电部分和保护导体之间的电压降低至直流60 V或者存储的能量降低至0.2 J时停止计时，这段时间即为放电时间，放电时间要求不超过10 s。

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

6.8 电气间隙和爬电距离

6.8.1 电气间隙和爬电距离要求

a) 无线充电系统地面设备的电气间隙和爬电距离应满足表 2 规定的要求。

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

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

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

在海拔超过 1000 m 以上时，其电气间隙值应乘以 GB/T 16935.1 标准规定的海拔修正系数来进行计算。

表2 无线充电系统地面设备的电气间隙和爬电距离要求

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

b) 无线充电系统车载设备的电气间隙和爬电距离应满足表 3 规定的要求。

作为装置组成部件的电器元件及单元，其电气间隙和爬电距离应符合相应标准规定。

在海拔超过1000 m以上时，其电气间隙值应乘以GB/T 16935.1标准规定的海拔修正系数来进行计算。

表3 无线充电系统车载设备的电气间隙和爬电距离要求

额定绝缘电压/V		额定电流 ≤ 63 A		额定电流 > 63 A	
交流	直流	电气间隙/mm	爬电距离/mm	电气间隙/mm	爬电距离/mm
$U_{ac} \leq 60$	$U_{dc} \leq 75$	2	3	3	4
$60 < U_{ac} \leq 250$	$75 < U_{dc} \leq 300$	3	4	5	8
$250 < U_{ac} \leq 380$	$300 < U_{dc} \leq 450$	4	6	6	10
$380 < U_{ac} \leq 500$	$450 < U_{dc} \leq 600$	6	10	8	12

表3 (续)

额定绝缘电压/V		额定电流≤63 A		额定电流>63 A	
交流	直流	电气间隙/mm	爬电距离/mm	电气间隙/mm	爬电距离/mm
$500 < U_{Ac} \leq 660$	$600 < U_{bc} \leq 700$	6	12	8	14
$660 < U_{Ac} \leq 750$	$700 < U_{bc} \leq 800$	10	14	10	20
$750 < U_{Ac} \leq 1140$	$800 < U_{bc} \leq 1200$	14	20	14	28

注：表中所列电压和电流均为交流方均根值或直流值。

6.8.2 电气间隙和爬电距离试验

6.8.2.1 电气间隙试验

使用游标卡尺（或等同测试仪器）测试两相邻导体或一个导体与相邻壳表面的最短距离，结果应符合6.8.1的要求。

6.8.2.2 爬电距离试验

按GB/T 16935.1-2008中的6.2的规定进行试验，试验结果应符合6.8.1的要求。

7 机械安全

7.1 一般要求

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

经过如下的每个测试之后，WPT系统应能在标称电压下输出最大功率。

通过以下测试来检验是否合格：

- 设备 IP 等级不受影响，详见 DB44/T 2099.1-2018 中 9.2 章节规定；
- 户外柜门可正常操作使用，锁点不受损；
- 对于有金属外壳的无线充电设备，永久或暂时的扭曲变形不会导致带电部件和外壳之间发生接触；
- 不允许性能降低。

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

7.2 稳定性/机械冲击

7.2.1 限制访问的位置

外壳能抵抗的最小机械冲击程度应为IK07，见GB/T 20138-2006相关规定。

通过检查、测量和实验来检验是否合格，合格测试见7.1。

7.2.2 不受限制访问的位置

在非限制区的设备外壳的机械性能应符合GB 7251.5-2008中8.2.101的测试要求。

对壁挂式设备，最小机械冲击保护等级应为IK08。

对地面安装设备，最小机械冲击保护等级应为IK10。

通过测试确认是否合格，合格测试见7.1。

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

7.2.3 车辆过载

过载能力必须由制造商在操作手册中说明。

车辆过载能力应符合制造商规定的要求。

7.3 机械负荷

非车载无线充电设备（含地面安装及壁挂设备）应符合以下要求：

- a) 按制造商的安装说明固定；
- b) 在其顶部水平（或者最易变形的）四个方向水平方向施加 500 N 的力 5 min，加载负荷时形变不应大于 50 mm，移开负载后不应大于 10 mm，且不应损坏；
- c) 地面安装的设备还应符合以下要求：
 - 静态负荷符合GB 7251.5-2008中8.2.101.1.1的测试要求；
 - 冲击负荷GB 7251.5-2008中8.2.101.1.2的测试要求；
 - 扭曲应力应符合GB 7251.5-2008中8.2.101.1.3的测试要求；
 - 门的强度应符合GB 7251.5-2008中 8.2.101.3的测试要求；
 - 锋利物体引起的机械冲击力应符合GB 7251.5-2008中8.2.101.5的测试要求。

7.4 振动

7.4.1 概述

车载设备应按照QC/T 895-2011进行振动测试和冲击测试并满足相应要求。

固定安装的供电设备可不进行振动测试。

7.4.2 振动试验要求

车载充电机处于不工作状态，使其承受上下、左右、前后三个方向的扫频振动试验，每一方向试验 8 h，扫频振动试验条件按照表4的要求进行。

表4 扫频振动试验条件

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

注1：表中的振幅和加速度适用于“Z”和“Y”方向，对于“X”和“Y”方向其振幅和加速度值可以除以2。

注2：振动试验时的“Z”方向规定为：与汽车的垂直方向平行的方向。

7.4.3 冲击试验要求

车载充电机处于不工作状态，承受峰值加速度为 $500 m/s^2$ 、标称脉冲持续时间为18 ms的半正弦脉冲冲击。

7.5 材料和部件强度

7.5.1 防腐蚀保护

正常使用的情况下,应通过使用合适的材料或增加对裸露表面进行涂层保护的方式来确保具备防腐蚀功能。

实验样本应是新的,处于符合GB 7251.1-2013中10.2.2.1的测试程序所规定的清洁状态,且:

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

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

7.5.2 检验标准

7.4.1规定的检验后,外壳或样品应在自来水中冲洗5分钟,在蒸馏或去矿物质水中漂洗,然后甩干或风干。待测样品随后在正常使用环境下存放2h。

通过视觉检查以下条件是否合格:

- a) 没有超过GB/T 30789.3-2014所允许的Ri1锈蚀等级的其它损害或者没有明显的开裂或其它更严重恶化情况。涂料和清漆方面,应参考GB/T 30789.3-2014确认样品符合样本Ri1;
- b) 机械完整性不受损害;
- c) 密封性未被损坏;
- d) 门、铰链、门锁和紧固件无异常。

7.6 环境条件

无线充电系统应能耐受常见的汽车溶剂和液体、振动与冲击影响,外壳、挡板及其它绝缘部件的材料应符合GB/T 5169.16的可燃性标准要求和其它适当的应用条件要求。

7.7 绝缘材料

7.7.1 外壳热稳定性

用绝缘材料制造的外壳,其热稳定性应符合GB 7251.1-2013中的干热试验规定。

通过GB 7251.1-2013中10.2.3.1规定的检查、实验来检验是否合格。

7.7.2 耐热和防火

绝缘材料的裸露部分、带电部件的绝缘部分应耐热和防火。

外部导体不应被视为载流部件。

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

如下部件所使用的材料的适用性,需要通过GB 5169.10给出的灼热丝试验进行验证:

——装配组件;

——来自装配组件的零件。

试验应在a)或b)的材料最薄部分进行测试。

灼热丝尖端温度要求为:

——960 °C, 如果必须保留载流部件;

——850 °C, 对于安装在空心墙的外壳;

——650 °C, 对于所有其他部件, 包括必须保留保护导体的部件。

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

该测试针对一个样本，若对测试结果有疑问，重新测试两个标本。

如下情况下，部件被认为通过了灼热丝测试：

——没有可见的火焰和无持续发光；

——火焰或标本的灼热发光现象或周边物体的灼热发光现象在灼热丝移除后 30 s 内消失，并且周边部件没有被完全烧毁。不应引发纸张的持续燃烧。

制造商可以以绝缘材料供应商所提供的数据证明材料的适用性符合如上试验要求。

7.7.3 球压试验

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

该试验在加热柜中进行，其温度：

——(125±5)℃，含带电体的部件；

——(80±5)℃，其它部件。

对于会产生形变的材料，其直径不应超过2 mm。该测试不应在陶瓷材料上进行。

当绝缘材料需要进行球压实验时，应按GB/T 5169.21的要求在加热柜中进行测试，含带电体的部件温度为(125±5)℃，其它部件为(80±5)℃。

7.7.4 爬电电阻

除了陶瓷材料，通过符合GB/T 4207-2012的试验来检验是否合格，并采用以下参数：

——PTI 试验；

——方案 a；

——电压 175 V。

在达到50次试验之前（在总共滴答50滴之前），不应出现闪络或电极击穿现象。

除陶瓷材料外，其它带电部件的绝缘材料爬电电阻应按GB/T 4207-2012进行测试。

7.7.5 抗紫外线辐射

当室外设备的机壳或外部部件由合成材料或涂有合成材料的金属构成时，应按GB 7251.1-2013中10.2.4的规定进行试验。

8 防雷

无线充电系统地面设备的交流输入电源线路浪涌保护器的冲击电流和标称放电电流值应符合表5规定的C级要求。

表5 电源线路的浪涌保护器的冲击电流和标称放电电流参数推荐值

雷电 防护 等级	总配电箱		分配电箱	设备机房配电箱和需要特殊保护的电子信息设备端口处	
	LPZ0 与 LPZ1 边界		LPZ1 与 LPZ2 边界	后续防护区的边界	
	10/350 μs I类试验	8/20 μs II类试验	8/20 μs II类试验	8/20 μs II类试验	1.2/50 μs和 8/20 μs 复合波III类试验
	I_{imp}/kA	I_n/kA	I_n/kA	I_n/kA	$U_{oc}/I_{sc}/$ kV / kA
A	≥20	≥80	≥40	≥5	≥10/≥5
B	≥15	≥60	≥30	≥5	≥10/≥5
C	≥12.5	≥50	≥20	≥3	≥6/≥3
D	≥12.5	≥50	≥10	≥3	≥6/≥3
注：SPD分级应根据保护距离、SPD连接导线长度、被保护设备耐冲击电压额定值 U_w 等因素确定。					

参考标准：GB 50057

试验等级：C级防雷：20 kA冲击电流；冲击电流（电压）波形：1.2/50 us+8/20 us混合波

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

试验限值：符合C级（20 kA）冲击电流要求。

9 电磁场辐射

9.1 电磁场暴露参考限值

无线充电系统电磁场辐射值应符合ICNIRP 2010标准规定的公众暴露参考限值，如表6所示。

表6 时变电场和磁场公众暴露的参考限值（未畸变有效值）

频率范围	电场强度(E) / kV/m	磁场强度(H) / A/m	磁通密度(B) / T
1Hz~8Hz	5	$3.2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^{-3} / f^2$
8Hz~25Hz	5	$4 \times 10^3 / f$	$5 \times 10^{-3} / f$
25Hz~50Hz	5	1.6×10^2	2×10^{-4}
50Hz~400Hz	$2.5 \times 10^2 / f$	1.6×10^2	2×10^{-4}
400Hz~3kHz	$2.5 \times 10^2 / f$	$6.4 \times 10^4 / f$	$8 \times 10^{-2} / f$
3kHz~10MHz	8.3×10^{-2}	21	2.7×10^{-5}
注：f取频率单位为Hz时的频率数值。			

9.2 电磁场辐射试验要求

9.2.1 保护区域

保护区域的定义见DB44/T 2099.1-2018。

9.2.2 测量点位置示意图

原边设备和副边设备应对齐。车前、车后、车左和车右的测量点距离车体表面为0.2 m。如图10所示。

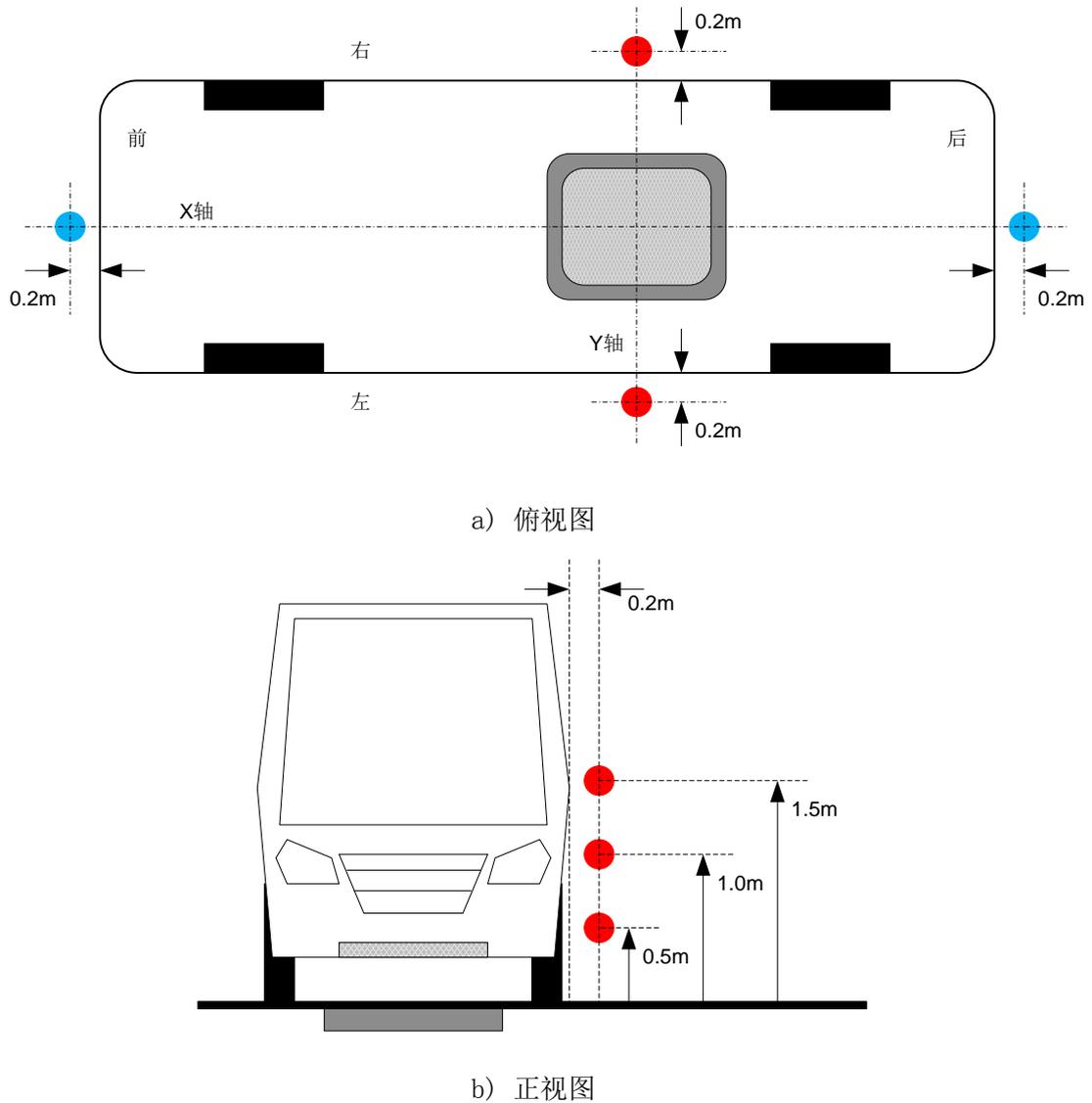


图10 测量点示例

9.2.3 电磁场辐射测试说明

电磁场辐射测试需要进行下面两种条件下的电磁场曝露值测试：

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

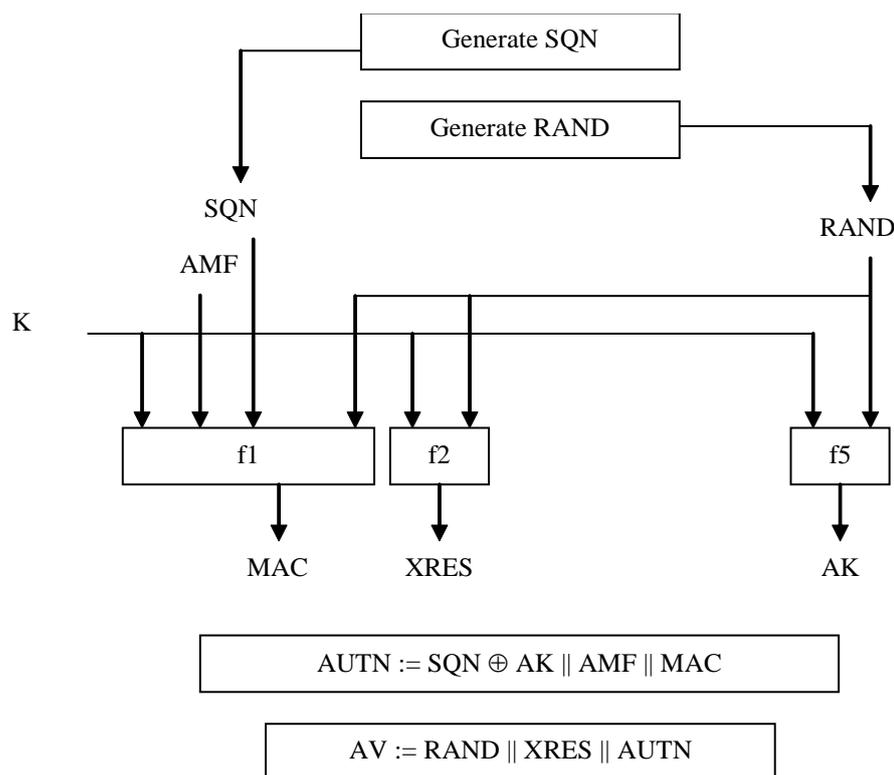
车外、车内测试选取点如表7。

表7 测试选取点

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

附 录 A
(资料性附录)
认证数据 (Authentication Vector) 的生成

图A.1说明了WCCMS生成认证数据 (AV) 的过程。



图A.1 鉴权数据的生成

WCCMS首先生成一个新的序列号SQN和一个随机数RAND。

每个鉴权令牌中都包含一个鉴权与密钥管理参数AMF，AMF设置为0。

然后计算以下的值：

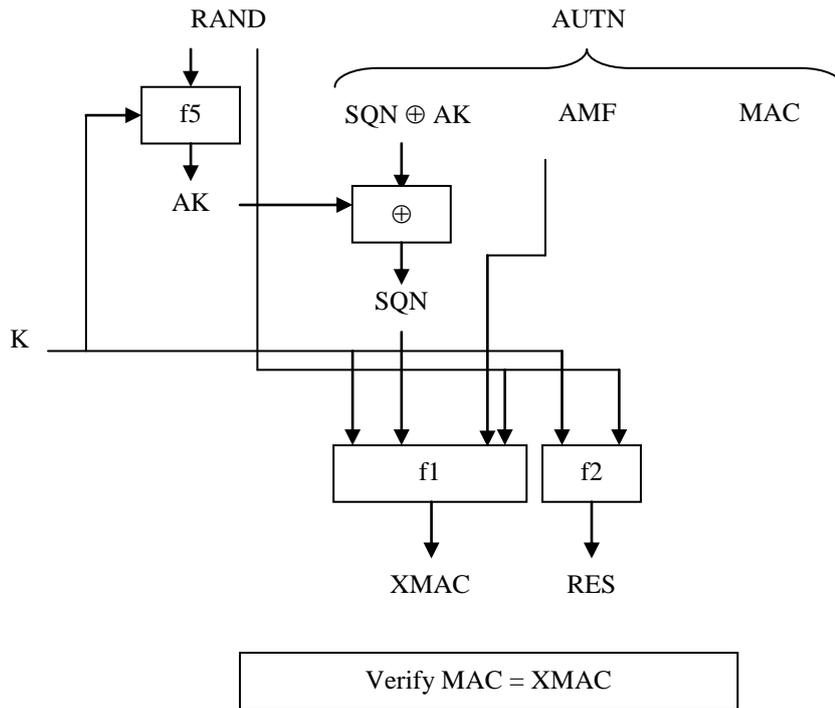
- a) 消息鉴权码 $MAC = f1K(SQN || RAND || AMF)$ ，其中的 $f1$ 是一个消息鉴权函数，其定义参看 [3GPP TS 35.206]；
- b) 预估响应 $XRES = f2K(RAND)$ ，其中的 $f2$ 是一个消息鉴权函数，其定义参看 [3GPP TS 35.206]；
- c) 匿名密钥 $AK = f5K(RAND)$ ，其中 $f5$ 是一个密钥生成函数，或者 $f5 \equiv 0$ ，其定义参看 [3GPP TS 35.206]。

最后，生成鉴权令牌 $AUTN = SQN \oplus AK || AMF || MAC$ 。

这里的匿名密钥AK用于以后对序列号加密。如果不需要对序列号加密，则 $f5 \equiv 0$ ($AK = 0$)。

附录 B
(资料性附录)
SIM 卡中的用户鉴权函数

图B.1说明了IVU/CSU验证AUTN并生成RES的过程。



图B.1 SIM 卡中的用户鉴权函数

当接收到RAND和AUTN，IVU/CSU首先计算匿名函数 $AK = f_5K(RAND)$ 并获取序列号 $SQN = (SQN * AK) * AK$ ，其中的 f_5 是一个密钥生成函数，其定义参看[3GPP TS 35.206]。

然后，IVU/CSU计算 $XMAC = f_1K(SQN || RAND || AMF)$ 并与AUTN中的MAC比较，其中的 f_1 是一个消息鉴权函数，其定义参看[3GPP TS 35.206]。如果两者不一致，IVU/CSU向安全网关鉴权失败消息，消息中携带失败原因，并终止鉴权流程。

IVU/CSU计算 $RES = f_2K(RAND)$ ，其中的 f_2 是一个消息鉴权函数，其定义参看[3GPP TS 35.206]，并将RES作为参数在用户认证响应消息中发送给安全认证网关。

广东省地方标准
电动汽车无线充电系统
第5部分：安全
DB44/T 2099.5—2018

*

广东省标准化研究院组织印刷
广州市海珠区南田路563号1104室
邮政编码：510220
网址：www.bz360.org
电话：020-84250337