ICS 43.040.10
T 36

中华人民共和国国家标准

GB/T 38444—2019

不停车收费系统　车载电子单元

Electronic toll collection—On board unit

2019-12-31 发布　　2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅰ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语、定义和缩略语 …… 1
4　技术要求 …… 2
5　试验方法 …… 6
6　检验规则 …… 12
附录 A（资料性附录）　ETC RSU 模拟器参数表 …… 14
附录 B（资料性附录）　耐久性试验 …… 15
附录 C（资料性附录）　耐久性试验计算模型 …… 16

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准起草单位:中国汽车技术研究中心有限公司、交通运输部公路科学研究院、交通运输部路网监测与应急处置中心、北京速通科技有限公司、工业和信息化部装备工业发展中心、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、东软集团(大连)有限公司、中国第一汽车股份有限公司技术中心、长城汽车股份有限公司、上海汽车集团股份有限公司、华晨宝马汽车有限公司、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、上汽大众汽车有限公司、北京万集科技股份有限公司、北京聚利科技有限公司、深圳市金溢科技股份有限公司、博通集成电路(上海)股份有限公司。

本标准主要起草人:吴含冰、朱彤、武丹丹、窦汝鹏、刘鸿伟、肖迪、陈智宏、江运志、张北海、马玥、覃韶辉、李春林、丁杰、黄志福、吴少华、李超、马士泽、陈鸿娟、莫映功、张培晓、赵昱阳、桂杰、段作义、王卫锋。

不停车收费系统　车载电子单元

1　范围

本标准规定了不停车收费系统车载电子单元的技术要求、试验方法及检验规则。

本标准适用于由车辆直接供电的不停车收费系统车载电子单元。

其他车载支付电子单元可参照执行。

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 1865—2009　色漆和清漆　人工气候老化和人工辐射曝露　滤过的氙弧辐射

GB/T 2828.1　计数抽样检验程序　第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 18655—2018　车辆、船和内燃机　无线电骚扰特性　用于保护车载接收机的限值和测量方法

GB/T 19951—2019　道路车辆　电气/电子部件对静电放电抗扰性的试验方法

GB/T 20851.1　电子收费　专用短程通信　第1部分：物理层

GB/T 20851.2　电子收费　专用短程通信　第2部分：数据链路层

GB/T 21437.2—2008　道路车辆　由传导和耦合引起的电骚扰　第2部分：沿电源线的电瞬态传导

GB/T 21437.3—2012　道路车辆　由传导和耦合引起的电骚扰　第3部分：除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态发射

GB/T 28046.1—2011　道路车辆　电气及电子设备的环境条件和试验　第1部分：一般规定

GB/T 28046.2—2019　道路车辆　电气及电子设备的环境条件和试验　第2部分：电气负荷

GB/T 28046.3—2011　道路车辆　电气及电子设备的环境条件和试验　第3部分：机械负荷

GB/T 28046.4—2011　道路车辆　电气及电子设备的环境条件和试验　第4部分：气候负荷

GB/T 28046.5—2013　道路车辆　电气及电子设备的环境条件和试验　第5部分：化学负荷

GB/T 30038—2013　道路车辆　电气电子设备防护等级(IP代码)

GB 34660—2017　道路车辆　电磁兼容性要求和试验方法

3　术语、定义和缩略语

3.1　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

不停车收费系统车载电子单元　electronic toll collection on board unit

安装于车辆内部，与ETC RSU进行双向通信，实现不停车收费功能的电子装置。

3.1.2

不停车收费系统路侧单元　electronic toll collection roadside unit

安装于车辆外部，与ETC OBU进行双向通信，实现不停车收费功能的电子设备。

3.1.3

交易　transaction

ETC OBU 与 ETC RSU 建立通信链路并完成收费的过程。

3.2　缩略语

下列缩略语适用于本文件。

BER：位误码率(bit error rate)

EIRP：等效全向辐射功率(equivalent isotropically radiated power)

ETC OBU：不停车收费系统车载电子单元(electronic toll collection on board unit)

ETC RSU：不停车收费系统路侧单元(electronic toll collection roadside unit)

XPD：交叉极化鉴别率(cross polarization discrimination)

4　技术要求

4.1　功能要求

ETC OBU 应能与 ETC RSU 进行交易。

4.2　自检功能

ETC OBU 应具有系统自检功能，若出现故障，应采用声学或光学方式提示。

4.3　交易提醒功能

当 ETC OBU 与 ETC RSU 进行交易后，应采用声学或光学的方式向用户提示“交易正常”或“交易异常”。

4.4　射频要求及数据链路层要求

ETC OBU 的射频性能应符合 GB/T 20851.1 的要求，数据链路层应符合 GB/T 20851.2 的要求。

其他车载支付电子单元的射频性能和数据链路层亦应满足相应标准的要求。

4.5　环境评价

4.5.1　环境评价要求

ETC OBU 应满足 4.5.2～4.5.7 的环境评价要求。

注：环境评价试验测试对象不包含储能装置。

4.5.2　电气性能

4.5.2.1　直流供电电压

ETC OBU 的直流供电电压范围见表 1，在 U_{Smin}～U_{Smax} 范围内，按照 5.3.5.1.1 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

表 1　直流供电电压范围　　单位为伏

标称电压 U_N	最小电压 U_{Smin}	最大电压 U_{Smax}
12	9	16
24	16	32

4.5.2.2 过电压

4.5.2.2.1 （T_{max}－20 ℃）条件

按照 5.3.5.1.2.1 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

注：对于具有过压保护功能的 ETC OBU，可在试验后检查功能。

4.5.2.2.2 室温条件下

按照 5.3.5.1.2.2 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

注：对于具有过压保护功能的 ETC OBU，可在试验后检查功能。

4.5.2.3 叠加交流电压

按照 5.3.5.1.3 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.4 供电电压缓降和缓升

按照 5.3.5.1.4 进行试验，试验中和试验后，当电压在 U_{Smin}～U_{Smax} 内时，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.5 供电电压瞬态变化

4.5.2.5.1 电压瞬时下降

按照 5.3.5.1.5.1 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.5.2 对电压骤降的复位性能

按照 5.3.5.1.5.2 进行试验，试验中电压恢复到 U_{Smin} 后以及试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.5.3 启动特性

按照 5.3.5.1.5.3 进行试验，试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.6 反向电压

按照 5.3.5.1.6 进行试验，试验后，需要进行内部检查（内部元器件是否有损伤），ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.7 参考接地和供电偏移

按照 5.3.5.1.7 进行试验，对于多点接地的 ETC OBU，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.8 开路

4.5.2.8.1 单线开路

按照 5.3.5.1.8.1 进行试验，试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.8.2 多线开路

按照 5.3.5.1.8.2 进行试验，试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.2.9 短路保护

按照5.3.5.1.9进行试验，试验后，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.2.10 绝缘电阻

按照5.3.5.1.10进行试验，ETC OBU的绝缘电阻应大于10 MΩ，试验后，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.3 防尘性能

安装于乘客舱内的ETC OBU其防护等级应符合GB/T 30038—2013中IP5X的规定，按照5.3.5.2进行试验，试验后，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.4 机械性能

4.5.4.1 机械振动

按照5.3.5.3.1进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.4.2 机械冲击

按照5.3.5.3.2进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.4.3 自由跌落

按照5.3.5.3.3进行试验，试验后，不允许有隐形损坏，在不影响ETC OBU性能的情况下允许外壳有微小损坏，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.5 环境耐候性

4.5.5.1 温湿度范围

ETC OBU的贮存环境温湿度范围和工作环境温湿度范围应符合表2的规定。

表2 温湿度范围

汽车上安装位置	贮存环境温度 ℃	工作环境温度（T_{min}～T_{max}） ℃	相对湿度 %
乘客舱内太阳直射处	−40～95	−40～90	25～75
乘客舱内非太阳直射处	−40～90	−40～85	25～75

4.5.5.2 低温贮存

按照5.3.5.4.1进行试验，试验后，不允许损坏，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.5.3 低温工作

按照5.3.5.4.2进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.5.4 高温贮存

按照5.3.5.4.3进行试验，试验后，不允许损坏，ETC OBU交易功能应正常。

4.5.5.5 高温工作

按照 5.3.5.4.4 进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.5.6 温度梯度

按照 5.3.5.4.5 进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.5.7 规定转换时间的温度快速变化

按照 5.3.5.4.6 进行试验，试验后，不允许损坏，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.5.8 规定变化率的温度循环

按照 5.3.5.4.7 进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.5.9 湿热循环

按照 5.3.5.4.8 进行试验，试验中和试验后，不允许损坏，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.5.10 稳态湿热

按照 5.3.5.4.9 进行试验，不允许损坏，且试验中最后 1 h 和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.5.11 太阳光辐射

安装在乘客舱内太阳直射处的 ETC OBU，按照 5.3.5.4.10 进行试验，试验后，表面不得有脱落、龟裂、气泡等现象。

安装在乘客舱内非太阳直射处的 ETC OBU 不作要求。

4.5.6 化学负荷

按照 5.3.5.5 进行试验，试验后，不允许损坏，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.7 电磁兼容性能

4.5.7.1 对静电放电产生的电骚扰抗扰

4.5.7.1.1 电子模块不通电

按照 5.3.5.6.1.1 进行试验，试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.7.1.2 电子模块通电

按照 5.3.5.6.1.2 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.7.2 对由传导和耦合引起的电骚扰抗扰

4.5.7.2.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰

按照 5.3.5.6.2.1 进行试验，抗扰试验等级和试验要求应符合表 3 的规定。

表 3　沿电源线瞬态传导的抗扰性能

试验脉冲	抗扰试验等级	试验要求
1	Ⅲ	试验后，ETC OBU 交易功能应正常
2a	Ⅲ	试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常
2b	Ⅲ	试验后，ETC OBU 交易功能应正常
3a/3b	Ⅲ	试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常
4	Ⅲ	试验后，ETC OBU 交易功能应正常
5a/5b	Ⅲ	试验后，ETC OBU 交易功能应正常
注：抗扰试验等级定义参见 GB/T 21437.2—2008 的附录 A。		

4.5.7.2.2　除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态抗扰

按照 5.3.5.6.2.2 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.7.3　对电磁辐射的抗扰

按照 5.3.5.6.3 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能应正常。

4.5.7.4　无线电骚扰特性

4.5.7.4.1　传导发射

按照 5.3.5.6.4.1 进行试验，ETC OBU 应符合 GB/T 18655—2018 中表 5 和表 6 等级 3 的要求。

4.5.7.4.2　辐射发射

按照 5.3.5.6.4.2 进行试验，ETC OBU 应符合 GB/T 18655—2018 中表 7 等级 3 的要求。

5　试验方法

5.1　自检功能试验

检查自检提示状态。

5.2　交易提醒试验

当 ETC OBU 完成任一交易时，检查交易提醒提示状态。

5.3　环境评价试验

5.3.1　试验条件

5.3.1.1　试验环境条件

如无其他规定，试验环境条件应符合表 4 的规定。

表 4　试验环境条件

温度 ℃	相对湿度 %	气压 kPa
23±5	25～75	86～106

5.3.1.2　试验电压条件

如无其他规定，试验电压条件应符合表 5 的规定。

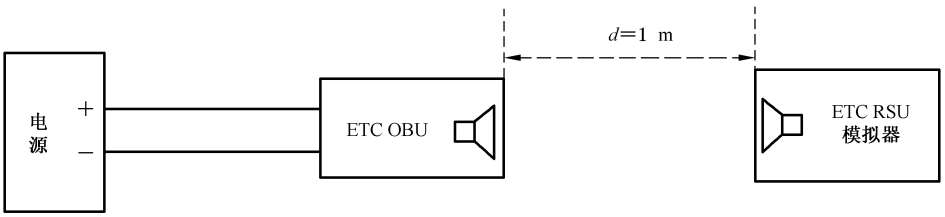
表 5　试验电压条件　　单位为伏

车辆供电系统	试验电压(U_t)
12 V 系统	14±0.2
24 V 系统	28±0.2

5.3.2　试验环境的构建

5.3.2.1　一般要求

除 5.3.2.2 和 5.3.5.6 外，应按照图 1 构建试验环境。其中，ETC RSU 模拟器天线应与 ETC OBU 接收天线正对并间距 1 m，试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。



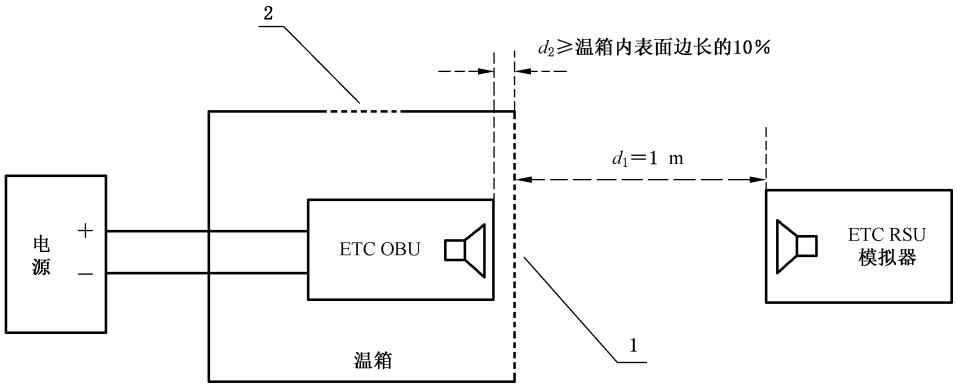
说明：

d——ETC RSU 模拟器天线与 ETC OBU 接收天线的距离，单位为米(m)。

图 1　试验环境示意图

5.3.2.2　特殊要求

在进行 5.3.5.1.2.1、5.3.5.4.2、5.3.5.4.4、5.3.5.4.5、5.3.5.4.7、5.3.5.4.8 和 5.3.5.4.9 试验时，应按照图 2 构建试验环境。其中，ETC OBU 接收天线应尽量贴近温箱透波材料；ETC RSU 模拟器天线应与 ETC OBU 接收天线正对且 ETC RSU 模拟器天线与透波材料间距 1 m，ETC OBU 接收天线距离透波材料的距离应至少为温箱内表面边长的 10%。试验环境应尽量避免存在同频或邻频干扰。



说明：

1 ——透波材料；

2 ——观察窗口；

d_1——透波材料外表面与 ETC RSU 模拟器天线的距离，单位为米(m)；

d_2——ETC OBU 接收天线距离透波材料内表面的距离，单位为米(m)。

图 2　带温箱的试验环境示意图

5.3.3　ETC RSU 模拟器

ETC RSU 模拟器参数参见附录 A。

其他车载支付电子单元的 ETC RSU 模拟器亦应满足相应标准的要求。

5.3.4　交易测试步骤

将被测 ETC OBU 放置于规定的试验环境中，在进行环境评价的同时，通过 ETC RSU 模拟器测试被测 ETC OBU 交易功能。交易测试步骤如下：

a)　ETC RSU 模拟器每间隔 3 s 发起 1 次交易流程(若进行耐久性试验，ETC RSU 模拟器每间隔 6 s 发起 1 次交易流程，耐久性试验参见附录 B，耐久性试验计算模型参见附录 C)；若被测 ETC OBU 响应正确，则视为完成一次交易。

b)　重复 a)步骤进行连续测试，并监控交易完成状态。

如需在环境评价试验后进行交易功能测试，则应在环境评价试验完成后，持续 20 次 a)步骤进行连续测试，并监控交易完成状态。

5.3.5　环境评价试验步骤

5.3.5.1　电气性能试验

5.3.5.1.1　直流工作电压试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，先将直流稳压电源电压调至 U_N，然后逐渐将电压调至 U_{Smin} 稳定 10 min，再逐渐将电压调至 U_{Smax} 稳定 10 min。

5.3.5.1.2　过电压试验

####### 5.3.5.1.2.1　(T_{max} − 20 ℃)条件下

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.3.1.1.2

和 4.3.2.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.2.2 室温条件下

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.3.1.2.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.3 叠加交流电压试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.4.2 严酷度 1 的方法进行试验。

5.3.5.1.4 供电电压缓降和缓升试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.5.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.5 供电电压瞬态变化试验

5.3.5.1.5.1 电压瞬时下降试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.6.1.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.5.2 对电压骤降的复位性能试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.6.2.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.5.3 启动特性试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.6.3.2 等级Ⅱ的方法进行试验。

5.3.5.1.6 反向电压试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照表 6 的方法进行试验。

表 6 反向电压试验

序号	名称	试验参数	
1	标称电压	12 V	24 V
2	试验电压(电源输入接口正负极反接)	−14 V	−28 V
3	试验时间	(60±6)s	
4	试验循环次数	1 次	

5.3.5.1.7 参考接地和供电偏移试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.8.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.8 开路试验

5.3.5.1.8.1 单线开路试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.9.1.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.8.2 多线开路试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.9.2.2 的方法进行试验。

5.3.5.1.9 短路保护试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.10.2.1 的方法进行试验。

5.3.5.1.10 绝缘电阻试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 28046.2—2019 中 4.12.2 的方法进行试验。试验后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.2 防尘性能试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 30038—2013 中 8.3.3.2 规定的方法进行试验，试验结束后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.3 机械性能试验

5.3.5.3.1 机械振动试验

ETC OBU 模拟在车辆上的安装方式在振动台上安装固定，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.3—2011 中 4.1.2.4.2 的方法进行试验。

5.3.5.3.2 机械冲击试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.3—2011 中 4.2.2.2 的方法进行试验。

5.3.5.3.3 自由跌落试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 28046.3—2011 中 4.3.2 的方法进行试验。试验后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4 环境耐候性试验

5.3.5.4.1 低温贮存试验

ETC OBU 以表 2 的贮存温度下限和以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.1.1.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.2 低温工作试验

ETC OBU 以 T_{min} 和 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.1.2.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.3 高温贮存试验

ETC OBU 以表 2 的贮存温度上限和以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.2.1.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.4 高温工作试验

ETC OBU 以 T_{max} 和 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.1.2.2.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.5 温度梯度试验

ETC OBU 以 T_{min}～T_{max} 范围和 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.2.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.6 规定转换时间的温度快速变化试验

ETC OBU 以 T_{min}～T_{max} 范围，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.3.2.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.7 规定变化率的温度循环试验

ETC OBU 以 T_{min}～T_{max} 范围，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.3.1.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.8 湿热循环试验

ETC OBU 按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.6.2.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.9 稳态湿热试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 2.1(试验最后 1 h 采用以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2)，按照 GB/T 28046.4—2011 中 5.7.2 的方法进行试验。试验后静置 2 h 恢复常温，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.4.10 太阳光辐射试验

安装在乘客舱内太阳直射处的 ETC OBU，以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 1865—2009 中方法 2 和表 3 循环 C 进行 600 h 试验。

5.3.5.5 化学负荷试验

安装在乘客舱内的 ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 28046.5—

2013 中表 1 安装位置代码[B]选择试剂和暴露条件以及表 2 的湿润方法和 4.8 的程序进行试验。试验后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行试验。

5.3.5.6 电磁兼容性能试验

5.3.5.6.1 对静电放电产生的电骚扰抗扰试验

5.3.5.6.1.1 电子模块不通电

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，按照 GB/T 19951—2019 附录 C 中表 C.1、表 C.2 的类别 1 试验严酷等级不低于 L_3 的测试电压要求和第 9 章规定的方法进行试验。试验后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行测试。

5.3.5.6.1.2 电子模块通电

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 19951—2019 附录 C 中表 C.1、表 C.2、表 C.3 的类别 1 试验严酷等级不低于 L_3 的测试电压要求和第 8 章规定的方法进行试验。

5.3.5.6.2 对由传导和耦合引起的电骚扰抗扰试验

5.3.5.6.2.1 沿电源线的电瞬态传导抗扰

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照表 3 规定的抗扰试验等级和 GB 34660—2017 中 5.8 的方法以及 GB/T 21437.2—2008 脉冲 5a/5b 的方法进行试验。

5.3.5.6.2.2 除电源线外的导线通过容性和感性耦合的电瞬态抗扰

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 21437.3—2012 中表 B.1、表 B.2 中 CCC 模式以及等级Ⅲ的要求和 3.4.2 的方法进行试验。

5.3.5.6.3 对电磁辐射的抗扰试验

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB 34660—2017 中 4.7 的电波暗室法、大电流注入法的抗扰试验强度和 5.7 的方法进行试验。

5.3.5.6.4 无线电骚扰特性试验

5.3.5.6.4.1 传导发射

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 18655—2018 中 6.3 或 6.4 的方法进行试验。

5.3.5.6.4.2 辐射发射

ETC OBU 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，按照 GB/T 18655—2018 中 6.5 的方法进行试验。

6 检验规则

6.1 出厂检验

ETC OBU 的出厂检验项目至少应包括 EIRP、ETC OBU 唤醒灵敏度、ETC OBU 接收灵敏度测试。

6.2 型式检验

6.2.1 型式检验的抽样和分组

型式检验应从出厂检验合格的 ETC OBU 中按照 GB/T 2828.1 规定的一次抽样方案进行抽取。先按出厂检验的项目进行复检，复检合格后的样品数量为每组 3 件共计 6 组，每件样品应编上样品编号和分组编号。

ETC OBU 按分组依次进行以下试验：

a) 第 1 组：电气性能试验、化学负荷试验；

b) 第 2 组：温度试验、湿热循环试验；

c) 第 3 组：自由跌落试验、机械冲击试验；

d) 第 4 组：机械振动试验；

e) 第 5 组：防尘试验；

f) 第 6 组：电磁兼容性能试验、太阳光辐射试验。

6.2.2 合格判定

ETC OBU 的型式检验项目应全部符合规定的要求。如有一项不合格，可重新抽取加倍数量的样品就该不合格项目进行复检，如仍有不合格时，则该批样品判为不合格。

附 录 A
（资料性附录）
ETC RSU 模拟器参数表

ETC RSU 模拟器参数见表 A.1。

表 A.1 ETC RSU 模拟器参数表

序号	参数		规格
1	载波频率	信道 1	5.830 GHz
		信道 2	5.840 GHz
2	频率容限		$\pm 10\times10^{-6}$
3	占用带宽		≤5 MHz
4	EIRP		≤+33 dBm 且可调
5	杂散发射	30 MHz～1 000 MHz	≤−36 dBm/100 kHz
		2 400.0 MHz～2 483.5 MHz	≤−40 dBm/1 MHz
		3 400 MHz～3 530 MHz	≤−40 dBm/1 MHz
		5 725 MHz～5 850 MHz	≤−33 dBm/100 kHz
		其他 1 GHz～20 GHz	≤−30 dBm/1 MHz
6	邻道泄露功率比		≤−40 dB
7	天线极化		右旋圆极化
8	XPD	最大增益方向	RSUt≥15 dB
		−3 dB 区域	RSUt≥10 dB
9	调制方式		ASK
10	调制系数/调制误差		0.7～0.9
11	编码方式		FMO
12	位速率		256 kbit/s
13	位时钟精度		$\pm 50\times10^{-6}$
14	ETC OBU 唤醒方式		(15～17)个周期 14 kHz 方波
15	14 K 方波唤醒信号精度		≤−70 dBm
16	ETC RSU 接收灵敏度		
17	ETC RSU 接收带宽	信道 1	最大:5.787 5 GHz～5.792 5 GHz
			最小:5.788 5 GHz～5.791 5 GHz
		信道 2	最大:5.797 5 GHz～5.802 5 GHz
			最小:5.798 5 GHz～5.801 5 GHz
18	BER		10×10^{-6}以内
19	前导码		16 位“1”加 16 位“0”

附 录 B
（资料性附录）
耐久性试验

B.1 耐久性试验

B.1.1 高温耐久性

安装在乘客舱内太阳直射处的 ETC OBU 在 T_{max} 以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2，运行 47 h 和 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 1.1，运行 1 h 为循环进行试验，试验持续时间为 1 407 h。在试验期间按照试验持续时间的 25%、50%、75%进行检查，试验结束后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行测试。

注：持续试验时间参见附录 C 中 Arrhenius 模型计算。

B.1.2 温度交变耐久性

ETC OBU 按照表 B.1 规定的方法和图 B.1 的温度曲线进行试验，试验循环为 135 min、循环次数为 543 个循环。试验期间按照试验持续时间的 25%、50%、75%进行检查，试验结束后以 GB/T 28046.1—2011 定义的工作模式 3.2 进行测试。

注：试验循环时间和循环次数参见附录 C 中 Coffin-Manson 模型计算。

表 B.1 温度交变耐久性试验方法

序号	名称	试验参数
1	工作模式和循环	工作模式 1.1 和 3.2 交替循环
2	试验温度曲线	图 B.1
3	最低试验温度	T_{min}
4	最高试验温度	T_{max}
5	温度梯度	4 ℃/min
6	在 T_{min} 和 T_{max} 下保持时间	在温度完全渗透之后 15 min

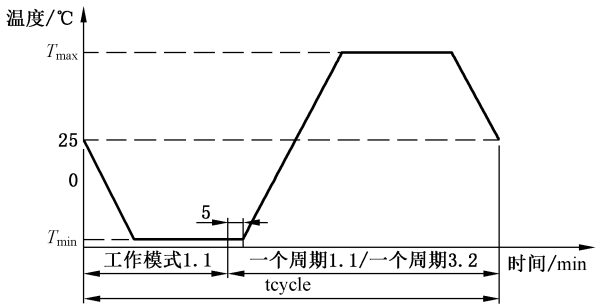


图 B.1 试验温度曲线

B.2 耐久性试验结果判定

按照 B.1 进行试验，试验中和试验后，ETC OBU 交易功能正常。

附 录 C
（资料性附录）
耐久性试验计算模型

C.1 产品在汽车上安装位置的典型温度模型

C.1.1 产品在汽车安装位置的平均温升

产品在汽车上不同安装位置的平均温升如表 C.1 所示。

表 C.1 不同安装位置的温度模型和平均温升

汽车上的安装位置	位置温度模型	位置平均温升（ΔT）
乘客舱内非太阳直射处	1	36 K
乘客舱内太阳直射处	2	46 K

C.1.2 产品在不同温区的占比

产品的位置温度模型 1 见表 C.2，位置温度模型 2 见表 C.3。

表 C.2 位置温度模型 1

位置温度（T_i） ℃	温度占比（P_i） %
−40	6
23	20
40	65
80	8
85	1

表 C.3 位置温度模型 2

位置温度（T_i） ℃	温度占比（P_i） %
−40	6
23	20
50	65
85	8
90	1

C.2 高温耐久性试验 Arrhenius 计算模型

为了计算高温耐久寿命试验的持续时间，按照系统的应用条件，并结合温度分布百分比计算汽车在当前场地下的工作小时 T_{oper} 进行考虑。温度集中模型见表 C.4。

表 C.4 温度集中模型

温度(T_i)	位置温度分布(P_i)
T_1	P_1
T_2	P_2
……	……
T_n	P_n

对于 T_1……T_n 的各个温度，按公式(C.1)计算模型的加速度系数 A_{T1}……A_{Tn}：

$$A_{Ti}=e^{\{-(E_a/K)\times[1/(T_{test}+273.15)-1/(T_i+273.15)]\}} \quad \text{……(C.1)}$$

式中：

A_{Ti} ——Arrhenius 模型的加速度系数；

E_a ——激活能量($E_a=0.45$ eV)；

K ——玻尔兹曼常数($K=8.617\times10^{-5}$ eV/K)；

T_{test} ——试验温度(℃)，通常为 T_{max}；

T_i ——按照应用曲线在温度集中之后的位置温度；

−273.15 ℃——温度的绝对零点。

按公式(C.2)计算加速度系数得出高温耐久性试验的持续时间。

$$t_{test}=t_{oper}\sum P_i/A_{Ti} \quad \text{……(C.2)}$$

式中：

t_{test} ——高温耐久性试验的试验持续时间，单位为小时(h)；

t_{oper} ——安装位置的耐久性工作时间；

P_i ——产品在安装位置温度 T_i 下的工作时间百分比，%；

A_{Ti} ——温度 T_i 的加速度系数。

示例：以安装在乘客舱内太阳直射处的 ETC OBU 为例，耐久性为 10 年，每天工作 2 h，t_{oper} 为 7 300 h，表 C.3 位置温度模型 2 给出的 T_i，$T_{test}=T_{max}=90$ ℃为例计算，由公式(C.1)计算可得出：

$A_{T1}\approx3\,035.79$；

$A_{T2}\approx25.88$；

$A_{T3}\approx5.93$；

$A_{T4}\approx1.22$；

$A_{T5}=1.00$；

由公式(C.2)计算可得出：

$t_{test}=7\,300\times[(0.06/3\,035.79)+(0.20/25.88)+(0.65/5.93)+(0.08/1.22)+(0.01/1)]\text{h}\approx1\,407$ h

即：ETC OBU 高温耐久寿命试验的持续时间为 1 407 h。

C.3 温度交变耐久性试验 Coffin-Manson 计算模型

为了计算温度交变条件下的耐久性试验的持续时间，考虑产品由表 C.1 安装位置 ΔT 的平均温度变化和寿命期间的温度循环次数 N_{cycle}。

按公式(C.3)计算 Coffin-Manson 模型的加速度系数与场地平均温度变化的关系：

$$A_{CM}=(\Delta T_{test}/\Delta T)^{C} \quad \cdots\cdots(C.3)$$

式中：

A_{CM} ——Coffin-Manson 模型的加速度系数；

ΔT_{test} ——在一次试验循环期间的温差($\Delta T_{test}=T_{max}-T_{min}$)；

ΔT ——在场地使用寿命期间的平均温升，见表 C.1；

C ——Coffin-Manson 模型参数(在本标准中 C 固定设置为 2.5)。

按公式(C.4)计算试验循环的总次数：

$$N_{test}=N_{cycle}/A_{CM} \quad \cdots\cdots(C.4)$$

式中：

N_{test} ——试验循环次数；

N_{cycle} ——在安装位置使用寿命期间的温度循环次数；

A_{CM} ——Coffin-Manson 模型的加速度系数。

示例：以安装在乘客舱内太阳直射处的 ETC OBU 为例，耐久性为 10 年，每天使用 2 次，N_{cycle} 为 7 300 次，表 C.3 位置温度模型 2 给出的 $T_{min}=-40$ ℃和 $T_{max}=90$ ℃，由表 C.1 安装位置平均温升 $\Delta T=46$ K 的产品为例进行计算：

$\Delta T_{test}=90$ ℃$-(-40$ ℃$)=130$ ℃

按公式(C.3)计算出 Coffin-Manson 模型的加速度系数为：

$A_{CM}=(130/46)^{2.5}\approx 13.43$

按公式(C.4)计算出试验循环次数为：

$N_{test}=7\ 300/13.43\approx 544$ 次

产品温度热浸透的时间为 15 min，设定温度在 20 min 后浸透部件，则保持时间为 35 min 来计算一次循环的时间为：

$t_{cycle}=2\times[(T_{max}-T_{min})/(4$ ℃/min$)+35$ min$]=135$ min

544 次循环时整个试验时间为：

$t=(544\times 135$ min$)/60$ min$\approx 1\ 223.3$ h

即 ETC OBU 温度交变耐久性试验的每个循环时间为 135 min，总循环次数为 544 次，试验总的时间为 1 223.3 h。