HVEP-LAB 高压电性能测试软件介绍

面向电压等级 B（Class B）高压部件的电性能与传导瞬态测试控制及数据管理平台

1 软件概述

1.1 产品定位

HVEP-LAB（High Voltage Electrical Performance Laboratory）是面向新能源汽车高压部件电性能测试的专用软件平台，可自动控制高压电源、信号源、功放、示波器监视设备完成自动测试，软件还可支持 DUT 的性能监视，测试完成后可生成测试报告。

软件围绕高压直流供电工况下的电压变化、电压斜率、电压纹波、过压与欠压、电压偏移、抛负载以及屏蔽高压供电线传导瞬态等测试内容，提供测试方案配置、设备联动控制、波形采集与分析、功能状态判定、DUT 性能监视，原始数据存档和报告生成的全过程管理，适用于实验室型式试验、研发验证及生产一致性核查等场景。

软件界面风格简约，采用模块化设计，可扩展性强，可定制支持其他厂商的各类控制设备的驱动，并根据用户需求拓展软件功能。

软件以现行国际标准与整车企业规范为测试依据，将标准条款要求转化为可执行的测试模板、参数限值和判定规则，并对测试过程、仪器状态和结果数据进行受控记录，以支持测试结果在不同实验室之间具备可比性和可追溯性。

另外，软件还提供自定义波形界面，允许用户自行配置波形片段并合成为完整的测试波形。软件内置了<EC 标准测试>，即完全符合 ISO 21498-2 等高压电性能标准各种参数需求，而且还可以导出为<EC 用户测试>，用户可在<EC 用户测试>中修改波形参数，并完成测试.

1.2 适用范围

- 被测对象：动力电池系统及 BMS、DC/DC 变换器、车载充电机（OBC）、电驱控制器（MCU）、电动压缩机、高压配电盒（PDU）等电压等级 B 高压部件。
- 电压平台：直流 60 V～1500 V 范围内的高压部件及其供电回路（具体限值以所采用标准条款为准）。
- 测试类型：电源电压工况试验、纹波与斜率抗扰及发射评价、过压/欠压/偏移试验、抛负载试验、高压供电线瞬态发射测量与脉冲抗扰试验。
- 使用角色：测试工程师、研发与整改工程师、质量与认证管理人员、实验室数据管理员。

1.3 标准合规概览

软件内置下列标准的测试条款模板与判定框架；具体条款编号、严酷等级和限值以项目所采用标准的现行有效版本及客户技术规范为准。

表 1 适用标准与软件合规概览

标准编号	标准名称	适用范围	软件对应能力

标准编号	标准名称	适用范围	软件对应能力
ISO 21498-2	电动道路车辆—电压等级 B 系统与部件电气规格和试验—第 2 部分：部件电气试验	B 级电气部件：直流(>60～1500) V、交流(>30～1000) V(rms)	电压工况、斜率、纹波、过/欠压、偏移、抛负载等条款模板与功能状态判定
ISO/TS 7637-4	道路车辆—来自传导和耦合的电气骚扰—第 4 部分：仅沿屏蔽高压供电线的电气瞬态传导	>60 V DC 且 <1500 V DC、电源与车体隔离的车辆电气系统（BEV/HEV/PHEV）	高压瞬态发射测量、Pulse A/B 抗扰注入控制、波形评估与发生器验证记录
VW 80300	大众汽车高压电气电子部件电气要求、试验条件和试验（企业标准）	新能源车辆高压电控部件（MCU、DC/DC、OBC 等），与 LV 123 体系协调	EHV 系列高压脉冲条款模板、抛负载与纹波等企业规范参数配置

2 适用标准与测试依据

2.1 ISO 21498-2 部件电气试验

ISO 21498-2 适用于电压等级 B 的电力推进系统及相连辅助电气系统中的电路与部件，规定了部件在电源和用电设备工作行为引起的电气工况下的测试方法、测试条件和要求。标准将测试项目分为发射（部件自身产生并施加到母线的骚扰）与抗扰（部件承受外部电网骚扰的能力）两类，典型条款如下表所示。

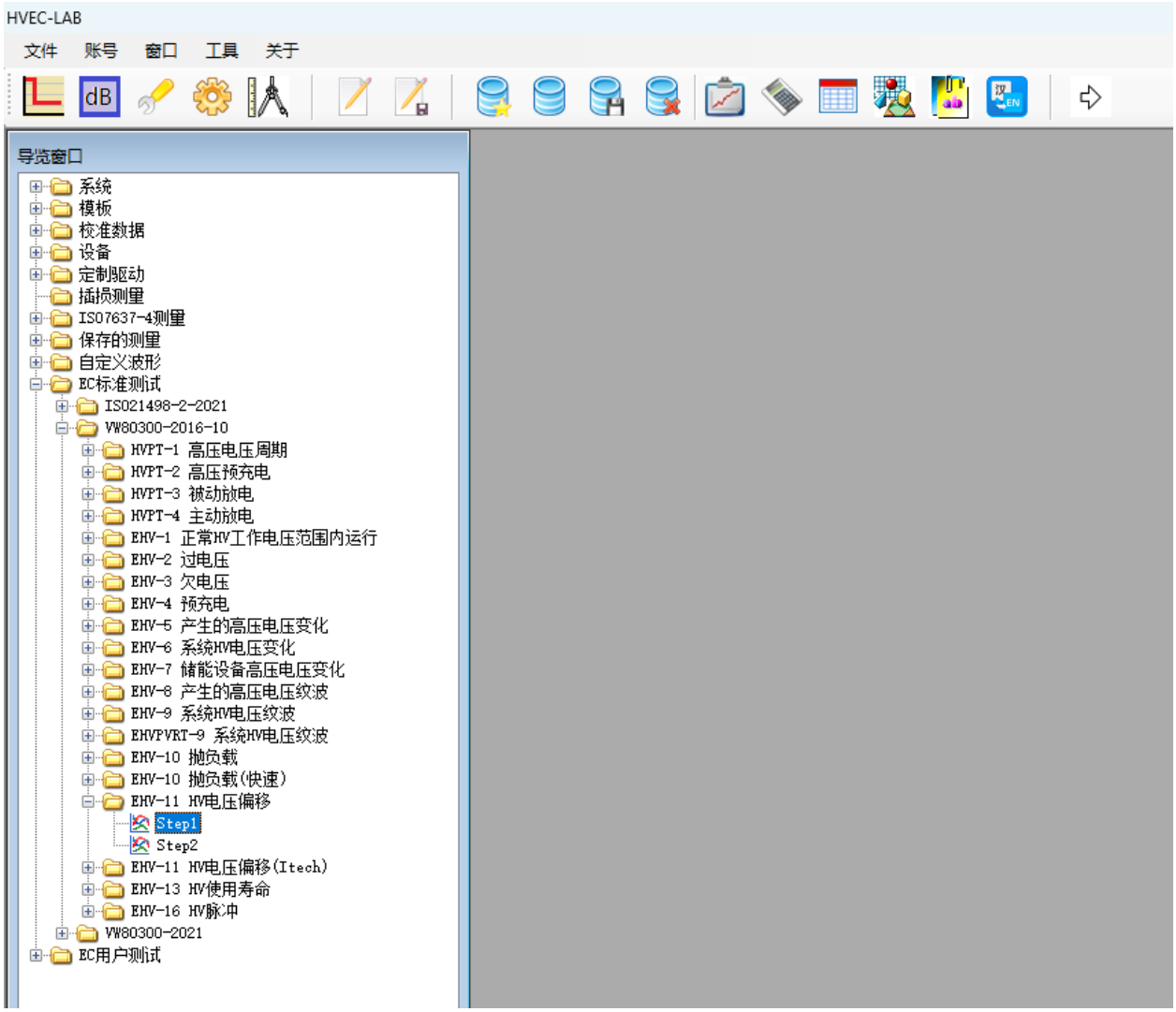
表 2 ISO 21498-2 典型测试项目

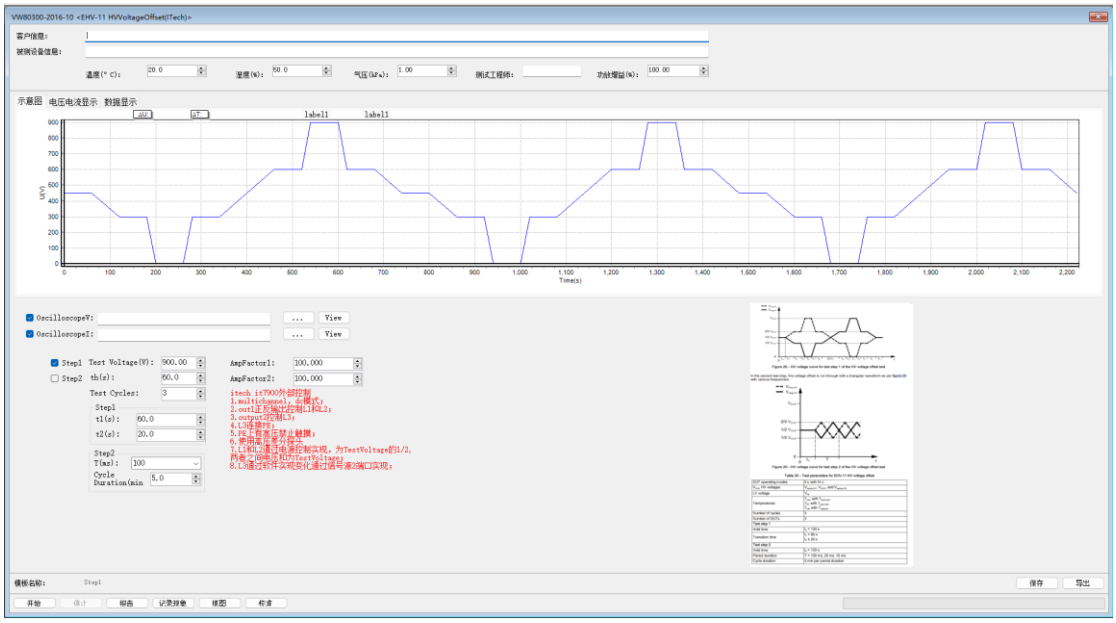
序号	测试项目	类别	试验目的
1	直流电源电压在工作范围内的变化	抗扰	验证直流电压在工作下限与上限之间变化时，部件能否按规定方式运行，模拟电池实际工作过程
2	产生的电压斜率	发射	评价满载运行时，负载突变产生的电压上升/下降斜率是否不超过限值
3	电压斜率抗扰度	抗扰	外部施加快速电压瞬变，模拟接触器通断等引起的电压冲击
4	产生的电压纹波	发射	评价部件运行时叠加在母线上的纹波幅值与频率是否满足限值
5	电压纹波抗扰度	抗扰	外部叠加规定频段与幅值的纹波，考核部件在纹波干扰下的工作状态
6	过压	抗扰	模拟电池均衡、满充等持续过压条件，考核部件不发生损坏并在电压恢复后恢复正常
7	欠压	抗扰	模拟低电量等欠压条件，考核部件在欠压下的行为与恢复能力
8	电压偏移	抗扰	施加静态直流偏移电压，考核采样电路参考电位的稳定性
9	产生的抛负载电压	发射	评价高压负载突然断开时部件产生的抛负载电压
10	抛负载电压抗扰度	抗扰	考核部件承受高压回路抛负载瞬态电压冲击的能力

标准按部件在试验过程中的表现划分功能状态（如 OS1 正常工作、OS2 性能降级、OS3 进入保护状态、OS4 关断）。软件在测试序列中记录各工况点对应的功能状态，并按所采用的等级判据进行评价与留档。

下图是 VW80300-2016 的 EHV-11 的测试界面：

用户首先定位到 EC 标准测试->VW80300-2016-10->EHV-11 项目并双击，打开具体测试界面





此界面呈现了基本波形、波形参数、示波器设备配置、参考标准描述图片、操作步骤等，用户点击“开始“按钮即可开始测试。

2.2 ISO/TS 7637-4 屏蔽高压供电线瞬态传导

ISO/TS 7637-4:2020 规定了乘用车和商用车在高于 60 V DC、低于 1500 V DC、且电源与车体隔离的电气系统中，设备对沿屏蔽高压供电线传导瞬态骚扰的兼容性测试方法和程序。标准以实验室台架试验方式同时覆盖瞬态发射测量与抗扰试验，要求测试结果可在不同实验室之间重复再现。

2.2.1 瞬态类型

- Pulse A：高压半导体开关操作引起的振铃（脉冲正弦）瞬态。
- Pulse B：电网谐波以及电驱电机转速等因素产生的正弦扰动。

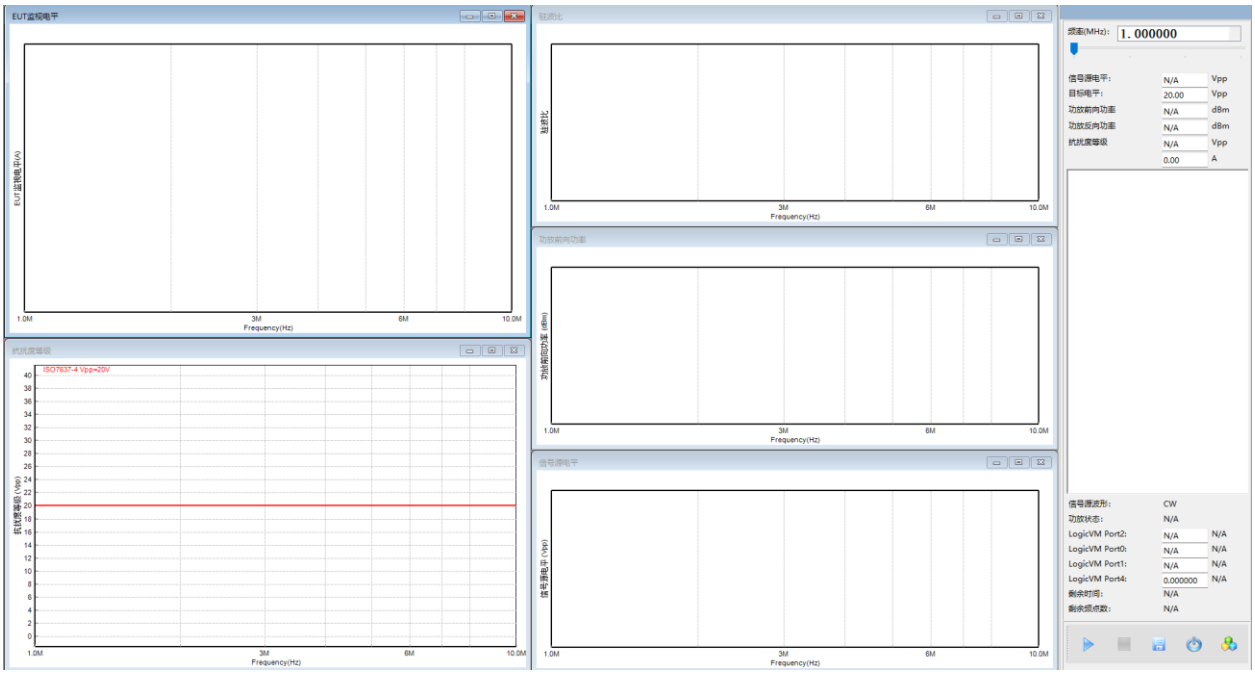
2.2.2 测试方法与设备

- 发射测试：在高压供电线上测量部件产生的瞬态发射，并按标准规定的方法布置与评估。
- 抗扰测试：分别对 Pulse A 与 Pulse B 扰动进行注入试验，考核被测件在试验期间及试验后的功能状态。
- 测试设备：高压人工电源网络（HV-AN）、高压电源、测量仪表，以及模拟高压电池或电源的负载。

标准附录给出功能性能状态分级示例、瞬态电压波形评价方法，以及测试脉冲发生器及其验证要求。软件相应提供测试布置参数记录、脉冲发生器验证台账、波形评估规则和功能状态分级记录功能。

2.2.3 测试界面

用户应根据标准要求建立（硬件配置，频率列表、目标电平、调制等）测试模板，并点击“开始“进入测试界面：



软件测试替代法测试和闭环法测试，用户可根据要求来选择合适的测试方法。

2.3 VW 80300 企业规范

VW 80300 是整车企业针对机动车辆中高压电气电子部件制定的电气要求、试验条件和试验标准，覆盖电源电压波动、瞬态干扰、纹波、抛负载、传导发射与抗扰等高压电气性能要求，并与 LV 123 等体系相协调。标准中的 EHV 系列高压脉冲条款分别对应不同的瞬态骚扰场景，包括抛负载电压斜率工况以及快速窄脉冲工况。

考虑到企业标准条款、严酷等级和限值随版本更新，软件采用条款化参数模板与可配置限值库：测试前按项目所采用的 VW 80300 现行版本及客户技术规范选取对应条款、脉冲参数和合格判据；软件不固化未经确认的限值，确保试验条件与规范版本一致。

2.4 标准—测试能力矩阵

表 3 各标准测试维度与软件实现对照

测试维度	ISO 21498-2	ISO/TS 7637-4	VW 80300	软件实现
直流电压工作范围变化	●	—	●	工况序列配置、电压上下限与持续时间控制、状态记录

测试维度	ISO 21498-2	ISO/TS 7637-4	VW 80300	软件实现
电压斜率（发射/抗扰）	●	—	●	斜率参数配置、斜率计算与限值比对
电压纹波（发射/抗扰）	●	●	●	频段与幅值配置、纹波采集、频谱/有效值分析与判定
过压 / 欠压	●	—	●	过欠压工况注入、恢复过程记录、状态判定
电压偏移	●	—	●	直流偏移量配置与采样稳定性评价
抛负载（发射/抗扰）	●	—	●	抛负载波形与斜率配置、瞬态捕获与评价
高压瞬态发射测量	—	●	●	HV-AN 采集通道管理、发射波形与限值比对
Pulse A 抗扰	—	●	●	脉冲正弦参数配置、注入次数/间隔控制
Pulse B 抗扰	—	●	●	连续正弦频率/幅值扫描与状态监控
功能状态分级评价	●	●	●	OS/性能等级判据配置、自动判定与留档
波形评估与发生器验证	—	●	—	波形评估规则、脉冲发生器校准与验证记录

注：● 表示该标准包含对应测试维度；— 表示未直接规定。具体适用条款以标准现行版本为准。

3 软件功能模块

3.1 总体架构

软件按测试管理、控制采集和设备接口三个层次组织：测试管理层负责项目、被测件、标准模板、限值判据和报告；控制采集层负责测试序列编排、仪器联动、波形采集与分析判定；设备接口层通过标准化总线与高压电源、纹波发生器、脉冲发生器、人工电源网络、测量仪表及负载等设备通信。各层数据相互关联，测试参数、原始波形、仪器状态和结果记录统一归档。

3.2 项目与被测件管理

- 建立测试项目，记录客户、部件名称与型号、硬件版本、软件版本、电压平台、生产批次等信息。
- 维护被测件（DUT）电气接口、额定电压与电流、供电回路和负载工况参数。
- 关联项目所采用的标准版本、客户技术规范和合格判据，确保测试依据明确受控。

3.3 标准条款与测试模板库

- 按 ISO 21498-2、ISO/TS 7637-4、VW 80300 分类维护条款模板，模板内预置测试方法、典型参数和记录字段。
- 限值、严酷等级、波形参数、持续时间、循环次数和功能状态判据均可按规范版本配置，模板版本受控留存。
- 支持在标准模板基础上派生项目专用方案，保留标准基线与项目修改记录。

3.4 测试序列与设备联动控制

- 以图形化序列编排测试步骤，设置工况阶段、电压/电流目标、纹波与脉冲参数、持续时间和切换条件。
- 按序列联动高压电源、纹波发生器、脉冲注入设备、HV-AN 和负载，执行工况上升、保持、扰动注入和恢复全过程。
- 测试过程中实时监控母线电压、电流和部件反馈状态，出现越限或异常时按预设策略暂停、保护并记录事件。

3.5 波形采集、分析与限值判定

- 同步采集电压、电流及反馈信号，支持瞬态波形捕获、纹波幅值与频率分析、电压斜率计算和抛负载波形记录。
- 按标准规定的方法进行波形评估，将测量结果与配置限值逐项比对，给出合格/不合格或待复核标记。
- 发射测试记录母线瞬态发射波形与频谱特征；抗扰测试记录注入参数、作用期间部件状态及试验后恢复情况。

3.6 功能状态分级评价

- 依据标准规定的功能性能状态分级（如 ISO 21498-2 的 OS1～OS4、ISO/TS 7637-4 附录 A 的等级示例），在各试验节点记录部件实际状态。
- 判据可区分试验期间状态、试验后状态及恢复后状态，评价结果与工况点、波形和事件记录相互关联。

3.7 仪器集成、标定与验证管理

- 通过标准化仪器接口管理设备通道映射、量程和触发设置，支持设备状态自检与连接确认。
- 记录仪器校准周期、校准状态和有效期，超期设备在测试方案中予以提示或锁定。
- 按 ISO/TS 7637-4 附录 C 的要求，留存脉冲发生器及测试设备的验证记录，保证注入波形和测量通道符合标准要求。

3.8 数据完整性、追溯与报告输出

- 原始波形、测试参数、仪器配置、操作人员、时间戳和结果判定统一存档，原始记录只读保存，防止事后篡改。
- 提供分级权限、操作日志和审计追踪，支持电子记录与电子签名，满足实验室数据完整性管理要求。
- 按模板生成测试报告，汇总被测件信息、采用标准与条款、测试条件、波形与数据、状态判定和结论；支持原始数据包导出归档。

4 典型测试流程

软件引导测试人员按下列步骤完成一次高压电性能测试，各步骤记录相互关联，形成完整测试证据链。

- 1）建立项目并录入被测件信息，确定电压平台与适用标准版本。
- 2）从标准条款库选取测试项目，调用或派生测试模板，配置工况、波形参数、限值和功能状态判据。
- 3）完成设备连接、通道映射与自检，核对仪器校准状态和脉冲发生器验证记录。
- 4）执行测试序列：设备按工况阶段联动，系统同步采集电压、电流、波形和部件反馈状态。
- 5）系统自动完成波形分析、限值比对和功能状态判定，标记异常工况与待复核项。
- 6）测试人员复核结果，必要时复测；经审核与电子签名后导出报告并归档原始数据。

5 合规与数据管理要点

- 标准版本受控：项目记录所采用标准的编号与版本，参数模板与限值随版本管理，避免使用过期条款。
- 测试布置留痕：记录接地平面、人工电源网络、线束长度与屏蔽、负载模拟等布置条件，保证试验条件可复现。
- 参数可追溯：任一测试结果均可回溯到被测件、测试方案、设备及其校准状态、操作人员和执行时间。
- 数据完整性：原始数据只读保存，操作具备审计追踪，权限分级管理，关键记录支持电子签名。
- 限值可配置：企业规范和客户专用判据以可配置方式录入，软件不替代规范确认，限值来源在方案中注明。

6 应用场景

- 研发验证：在样件阶段开展纹波、斜率、抛负载和瞬态抗扰摸底，定位采样、保护和通信方面的薄弱环节。
- 型式试验与认证：按 ISO 21498-2、ISO/TS 7637-4 及整车企业规范完成高压部件电性能型式验证。
- 供应商与一致性核查：对来料或批量部件进行规定条款的复核测试，结果与基线数据比对。
- 问题分析与复测：保存历史波形与判定记录，支持失效原因分析、整改后复测和数据对比。

附录 A 术语与缩写

缩写 / 术语	含义
Class B（电压等级 B）	最大工作电压为交流（>30～1000）V(rms) 或直流（>60～1500）V 的电气部件或回路
DUT	被测件（Device Under Test）
HV-AN	高压人工电源网络（High Voltage Artificial Network）
OS1～OS4	ISO 21498-2 定义的部件功能状态等级：正常、性能降级、保护、关断
Pulse A	高压半导体开关操作引起的振铃（脉冲正弦）瞬态
Pulse B	电网谐波或电驱电机转速等产生的正弦扰动
OBC	车载充电机（On-Board Charger）

缩写 / 术语	含义
DC/DC	高压/低压直流变换器
MCU	电机控制器（Motor Control Unit）
PDU	高压配电盒（Power Distribution Unit）

附录 B 标准依据清单

序号	标准编号	标准名称	备注
1	ISO 21498-2	Electrically propelled road vehicles — Electrical specifications and tests for voltage class B systems and components — Part 2: Electrical tests for components	版本以项目适用的现行有效版本为准
2	ISO/TS 7637-4:2020	Road vehicles — Electrical disturbance by conduction and coupling — Part 4: Electrical transient conduction along shielded high voltage supply lines only	仅适用屏蔽高压供电线传导瞬态
3	VW 80300	机动车辆中高压电气电子部件的电气要求、试验条件和试验	整车企业标准，条款与限值以现行版本及客户规范为准

南京：江苏省南京市江宁区诚信大道 2108 号（211112）
北京：北京市海淀区中关村南大街甲 6 号铸诚大厦 A1716 室（100086）
上海：上海市闵行区申昆路 2177 号 18 号楼 605 室（201106）
Email：info@emcdir.com