

新能源汽车安全性能检测设备主要参数校准方法研究



李昱, 陈岳飞, 曹雄恒, 陈红江*

湖南省计量检测研究院, 长沙 410014

【摘要】 新能源汽车安全检测系统较传统燃油车安全检测系统增加了充电安全检验设备、底盘测功机、电气安全检验设备, 针对充电安全检验设备输出功率、底盘测功机扭力、车速、滚筒同步性和最大吸收功率及电气安全检验设备的充电插座绝缘电阻、电位均衡测量误差和电位均衡试验电流设定误差等主要参数研究了校准方法。通过这些校准方法确保检测设备量值传递准确, 为新能源汽车安全性能检测提供技术支持, 保障车辆安全运行, 并为将来制定相关校准规范提供参考。

【关键词】 计量学; 新能源汽车; 安全性能检测设备; 充电安全检验设备; 底盘测功机; 电气安全检验设备

【中图分类号】

【文献标识码】 A

【文章编号】 2096-9015(2025)00-0001-06

DOI: 10.12338/j.issn.2096-9015.2024.0314

【引用本文】 李昱, 陈岳飞, 曹雄恒, 等. 新能源汽车安全性能检测设备主要参数校准方法研究 [J]. 计量科学与技术, 待出版.

Research on Calibration Methods for Main Parameters of Safety Performance Testing Equipment for New Energy Vehicles

LI Yu, CHEN Yuefei, CAO Xiongheng, CHEN Hongjiang

Hunan Institute of Metrology and Test, Changsha 410014, China

Corresponding author: CHEN Hongjiang, Email: 31862083@qq.com

【Abstract】 The new energy vehicle safety inspection system has added charging safety inspection equipment, chassis dynamometer, and electrical safety inspection equipment compared to the traditional fuel vehicle safety inspection system. This article studies the calibration methods for the main parameters of the charging safety inspection equipment, including output power, chassis dynamometer torque, vehicle speed, drum synchronization and maximum absorption power, as well as the charging socket insulation resistance, potential balance measurement error, and potential balance test current setting error of the electrical safety inspection equipment. By using these calibration methods, we ensure the accurate transmission of detection equipment values, provide technical support for the safety performance testing of new energy vehicles, ensure the safe operation of vehicles, and provide reference for the development of relevant calibration specifications in the future.

【Key words】 metrology, new energy vehicles, safety performance testing equipment, charging safety inspection equipment, chassis dynamometer, electrical safety inspection equipment

0 引言

新能源汽车作为一种更环保、高效的交通工具在近年来得到了迅猛的发展。截至 2023 年底保有量已经突破了 2000 万辆^[1-2]。新能源汽车的核心部件, 如动力电池、电机和电控系统等, 虽然带来了更高效的能源利用和更低的排放, 但也引发了一些

新的安全问题, 引起了社会各界的高度关注^[3-5]。

在此背景下, 政府部门积极采取措施以加强新能源汽车的安全监管。2022 年 7 月, 国务院安全办公室印发《“十四五”全国道路交通安全规划》, 明确提出“研制适用于新能源汽车运行安全性能检测的系列检验设备, 制订新能源汽车运行安全性能检验技术标准”等要求,^[6] 随后, 国家市场监督管理总局

收稿日期: 2024-11-05; 修回日期: 2025-03-10

基金项目: 国家重点研发计划(2021YFF0600103); 湖南省自然科学基金(2022JJ90036)。

作者简介: 李昱(1996-), 湖南省计量检测研究院工程师, 研究方向: 转速计量与检测方法, 邮箱: 605270046@qq.com; 通讯作者: 陈红江(1983-), 湖南省计量检测研究院正高级工程师, 研究方向: 力学、声学计量检测技术, 邮箱: 31862083@qq.com。

和国家标准化管理委员会发布了 GB/T44500-2024《新能源汽车运行安全性能检验规程》，对新能源汽车安全性能检测设备配置及技术参数提出了明确要求。为保障新能源汽车的安全运行，促进新能源汽车行业的健康可持续发展和保障人民群众生命财产安全^[7-10]，本文综合相关标准及技术规范，开展新能源汽车安全性能检测设备校准方法研究，为相关单位对安装设备的验收提供有价值的参考。

1 新能源汽车安全性能检测设备新增类型及简述

新能源汽车较燃料机动车在安全性能检测方面主要增加了充电安全检验、汽车底盘测功及电气安全检验等检测设备^[11-12]。

1.1 充电安全检验设备

随着新能源汽车的普及，充电安全成为至关重要的环节。充电安全检验设备用于检测充电过程中的各项参数，可检验充电过程中的功率、电压、电流及温度等参数，确保充电系统的安全性和稳定性。

1.2 汽车底盘测功机

汽车底盘测功机是一种用于模拟汽车在道路上行驶时的阻力，测量汽车底盘输出功率以及其他相关性能参数的设备，它可以测量出检验过程中汽车轮胎的扭力、汽车运行速度及施加给汽车的功率。它在评估新能源汽车的动力性能和传动系统效率方面具有重要作用。

1.3 诊断终端

诊断终端是连接新能源汽车电子控制系统的设备，能够读取车辆的故障码和实时数据，帮助检验人员及时观察动力电池、驱动电机和电控系统的电压、电流及温度等参数，确保车辆在检验过程中的安全运行^[13]。

1.4 电气安全检验设备（兆欧表、毫欧表或电气安全自动测试设备）

电气安全对于新能源汽车至关重要，因为其高压电气系统存在较高的安全风险。兆欧表用于测量绝缘电阻，毫欧表用于测量低电阻值，电气安全自动测试设备则可综合检测多种电气安全参数，以确保

车辆电气系统的绝缘性能和接地良好。

2 检测设备计量性能要求^[12]

2.1 充电安全检验设备的功率要求

为确保设备能够适应不同功率等级的新能源汽车充电需求，同时也为保障充电过程的安全性和效率，充电安全检验设备要求最大直流充电功率 $\geq 60 \text{ kW}$ 。

2.2 底盘测功机的功率、扭力、车速及滚筒同步性要求

为满足对新能源汽车底盘动力性能检测的要求，底盘测功机的汽车底盘功率吸收功率需大于 60 kW ；为保证测功机对车辆扭力测量的准确性，扭力误差应 $\leq \pm 1.0\%$ ；。为确保车速测量的精确性，车速指示误差 $\leq \pm 1.0\%$ ；。为使汽车在测功机上模拟车辆在道路上行驶时不产生差速故障，测功机前后滚筒表面线速度同步误差 $\leq 2 \text{ km/h}$ 。

2.3 电气安全检验设备（兆欧表、毫欧表）的量程及示值误差要求

为确保电气安全检验设备能够准确测量新能源汽车电气系统的绝缘电阻和低电阻值，及时发现潜在的电气安全隐患，兆欧表量程要求 $\geq 100 \text{ M}\Omega$ ，示值误差为 $\pm 3\%$ 。毫欧表要求测量电流可调且测量电流 $\geq 0.2 \text{ A}$ ，示值误差同样为 $\pm 3\%$ 。

用于新能源汽车安全性能检测设备的量值准确是确保检测结果可靠的前提，相关检测设备厂陆续研发了新能源汽车安全性能检测设备，即将在全国范围厂商推广使用，国家尚未出台该类设备的计量检定或校准技术规范，本文综合相关标准及技术规范，提出了新能源汽车安全性能检测设备主要参数的校准方法，供相关单位对安装设备验收参考^[13-17]。

3 新能源汽车安全性能检测设备主要参数的校准方法

3.1 充电安全检验设备输出功率的校准

3.1.1 校准系统组成

充电安全检验设备输出功率的校准系统由被校充电安全检验设备、TD1320 非车载充电机现场检测仪、虚拟负载箱或车辆实负载等组成，如图 1 所示。

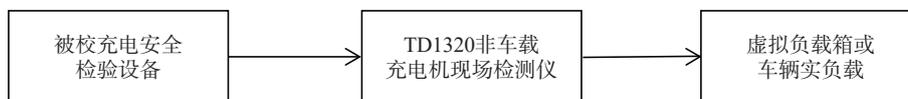


图 1 充电安全检验设备输出功率的校准系统

Fig.1 Calibration system for output power of charging safety inspection equipment

被校充电安全检验设备:这是需要进行校准的对象,通过与其他组件组成充放电校准系统,对其输出功率进行精确校准^[18-20]。

TD1320 非车载充电机现场测试仪:这是一种专用于现场检测电动汽车直流充电机的专用仪器,具有强大的数据采集和处理能力。它内置 8 通道数据采集模块,可以采集充电时安全检验设备输出电压、电流及车辆电池电压等参数,并通过 CAN 通讯报文采集模块进行记录。其直流电压测量最大达 1150V,直流电流测量最大达 300A,为充电安全检验设备输出功率的校准提供了准确的数据基础。

虚拟负载箱或车辆实负载:虚拟负载箱可以模拟不同的负载情况,车辆实负载则直接利用实际车辆作为负载,两者都为校准过程提供了真实的负载条件,使得校准结果更符合实际应用场景。

3.1.2 校准操作过程

设置充电方式、电流和电压。

分功率点校准:在校准过程中,首先需要设定被校充电安全检验设备的充电方式、输出电流和输出电压。然后在 0~60 kW 范围内分高、中、低三个功率点进行校准。这种分功率点校准的方法可以更全面地检测设备在不同功率输出情况下的准确性。

计算输出误差:将 TD1320 设置合适的量程予以检测,根据 TD1320 显示的功率和被校设备显示功率比较得到输出误差,其大小按式(1)计算。

$$\gamma = \frac{p_x - p_0}{p_0} \quad (1)$$

式中, p_0 为 TD1320 的显示值; p_x 为被校对象的显示值。

通过精确的误差计算,可以准确评估被校设备的输出功率准确性。

实负载状态下校准充电电压及评价技术指标:除了校准输出功率外,还可用 TD1320 在实负载状态下校准充电电压,并评价最高和最低充电电压等系统的技术指标,这有助于全面了解充电安全检验设备的性能^[20-22]。

3.2 底盘测功机的校准

3.2.1 扭力示值误差的校准

用标准杠杆和砝码模拟测功机滚筒切线力:参照 JJF 1221—2009《汽车排气污染物检测用底盘测功机校准规范》,使用标准杠杆和标准砝码模拟测功机滚筒表面的切线力,施加在测功机上,这种模拟方法能够真实地反映测功机在实际工作中所受到的扭力情况。

误差计算公式及要求:读出测功机扭力示值与模拟切向力进行比较,其误差应在±1%内。

其误差按式(2)计算。

$$e_F = \frac{F_x - mg \times L/R}{mg \times L/R} \quad (2)$$

式中, mg 为砝码示值与重力加速度的乘积,N; L/R 为杠杆长度与滚筒半径的比值; F_x 为测功机扭力示值,N。

按照式(2)计算出的误差必须控制在±1%内,以确保测功机对扭力测量的准确性。

3.2.2 车速测量误差的校准

使用转速测量仪进行校准,当机动车驱动测功机滚筒旋转,稳定到校准点车速 v_x 后,用转速测量仪测量滚筒表面的实际的线速度 v_0 。

其误差按式(3)计算。

$$e_v = \frac{v_x - v_0}{v_0} \times 100\% \quad (3)$$

通过计算误差来评估车速测量的准确性。

3.2.3 测功机前后滚筒同步性校准^[23]

用两台转速测量仪同时测量:当机动车驱动测功机滚筒旋转,在速度测量量程的高、中、低三个校准点,待车速稳定后,用两台转速测量仪同时测量前后滚筒的车速值 v_1 和 v_2 。

同步性要求:要求 v_1-v_2 应在 2 km/h 范围内,以确保测功机前后滚筒的同步性,准确模拟车辆在道路上行驶时的实际情况。

3.2.4 测功机最大吸收功率的校准^[24-25]

1) 功率组成分析

因为测功机上显示的总功率 P_a 是包括测功机吸收装置(PAU)和由于内部摩擦损失吸收的功率,即: $P_a=P_i+P_c$,其中 P_i 为功率吸收单元的吸收功率,kW; P_c 为测功机内部摩擦损失功率,kW。所以,首先确定出测功机能测量的功率范围,在检测出测功机内部摩擦损失的吸收功率,计算两者之差就可以得出测功机的吸收功率。

2) 具体试验方法

(1)选择试验车辆。根据轻型和重型测功机选择试验车辆,对轻型车用底盘测功机选择轴重为 1750 kg 以下的车辆,对重型车用底盘测功机选择轴重为 5500 kg 以下的车辆。

(2)驱动测功机并读取最大功率值。用选定的车辆驱动测功机,选取合适的档位,油门全开,车速稳定在 70 km/h 读取测功机测量的最大功率值 P_a 。

(3)用滑行法测量损失功率。用滑行法测量损失功率 P_c , 在某个测量速度 v 段, 分别测量出车速从 $(v+10)$ m/s 滑行到 $(v-10)$ m/s 的滑行时间 $ACDT$, 则速度为 v 时的附加损失功率为式(4)。

$$P_c = \frac{DIW \times (v_{v+10}^2 - v_{v-10}^2)}{2000 \times ACDT} \quad (4)$$

式中, DIW 为测功机所转动部件的惯性重量, kg, 可以是生产厂家经过试验校准的名义值, 也可按

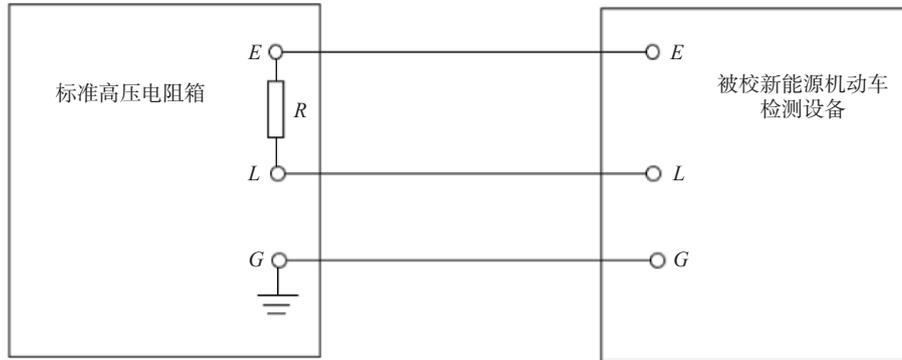


图 2 充电插座绝缘电阻阻值示值误差校准框图

Fig.2 Calibration block diagram of insulation resistance value indication error of charging socket

将被校新能源机动车检测设备的绝缘电阻检测端子分别和标准高压电阻箱 E、L 相连, 并将高压电阻箱的接地端子与被检系统的电平台电位端子相连^[27]。

选择校准点及设置标准电阻值: 在绝缘电阻测量范围内选择合适的校准点, 并设置标准高压电阻箱的值为 R_0 , 为准确计算误差提供条件。

分别在绝缘电阻测量范围内选择高、中、低三点进行校准, 设置标准高压电阻箱的值为 R_0 , 按上述连接方式, 读取被测试系统的显示值 R_x , 其误差按式(5)计算。

$$e_R = \frac{R_x - R_0}{R_0} \times 100\% \quad (5)$$

式中, R_x 为被校新能源机动车检测设备显示值, Ω ; R_0 为标准高压电阻箱设定值, Ω 。

其示值误差值应小于 $\pm 3.0\%$ 。

3.3.2 电位均衡测量误差 (毫欧表测量误差) 的校准^[28-29]

1) 开机通电及调零。先开机通电, 并进行调零校准, 按 JJG984-2004《接地导通电阻测试仪计量检定规程》进行操作, 为准确测量误差做好准备。

2) 模拟导通电阻。用标准电阻箱模拟各高压部件裸露外壳和电平台的导通电阻 R_{OL} , 以模拟实际工作环境中的电阻情况。

JJF1221 的 7.2.4 的方法进行现场测试确定。

(4) 计算吸收功率并验证要求。计算 P_a 和 P_c 的差值, 其结果要大于 60 kW。

3.3 电气安全检验设备的校准

3.3.1 充电插座绝缘电阻测量误差的校准^[26]

充电插座绝缘电阻测量误差的校准, 其阻值示值误差校准框图如图 2 所示。

3) 误差计算及要求。读出被校系统显示的电阻值 R_{XL} , 其误差按式(6)计算。

$$e_{RL} = \frac{R_{XL} - R_{OL}}{R_{OL}} \times 100\% \quad (6)$$

其示值误差值应小于 $\pm 3.0\%$ 。

3.3.3 电位均衡试验电流设定误差的校准

接线方式: 将标准电流表、负载电阻与测试仪的电流输出端串联, 负载电阻取测试仪的测量上限值; 测试仪的电压采样端与负载电阻并联, 接通测试仪的测试开关, 完成接线, 接线如图 3 所示。

测量实际电流值: 将标准电流表、负载电阻与测试仪的电流输出端串联, 负载电阻取测试仪的测量上限值, 分别在 0 ~ 0.2A 范围内设置 20 mA、50 mA、100 mA、200 mA 四个校准点, 接通被检设备的测试开关, 由标准电流表测量出被检设备输出的试验电流实际值 I_0 , 为准确计算误差提供数据。

试验电流的示值误差按式(7)计算。

$$\gamma_I = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100\% \quad (7)$$

式中, I 为试验电流的示值, A; I_0 为标准电流表的读数, A。

要求示值误差值应小于 $\pm 3.0\%$, 以确保电位均衡试验电流设定的准确性。

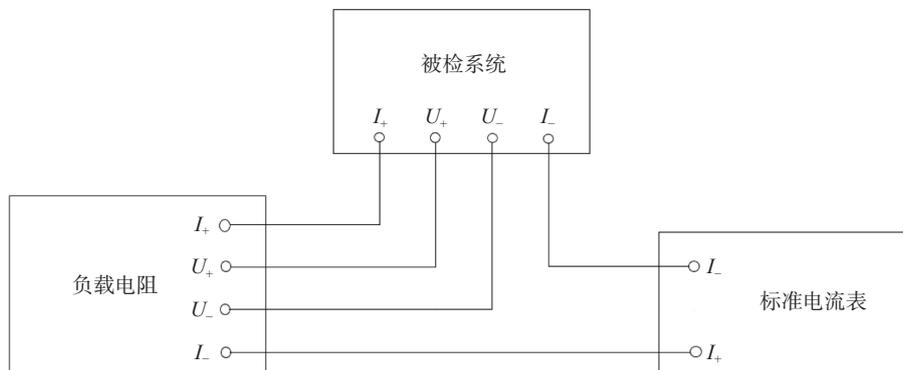


图3 标准电流表法检定系统试验电流设定误差原理线路图

Fig.3 Circuit diagram of the principle of current setting error in the standard ammeter calibration system test

4 结论

本文详细阐述了新能源汽车安全性能检测设备中充电安全检验设备、底盘测功机和电气安全检验设备等主要设备的参数校准方法。对于充电安全检验设备,介绍了基于 TD1320 非车载充电机现场测试仪和虚拟负载箱或车辆实负载组成的校准系统,以及分功率点校准、计算输出误差和实负载状态下校准充电电压等操作方法。对于底盘测功机,分别阐述了扭力示值误差、车速测量误差、测功机前后滚筒同步性以及最大吸收功率的校准方法,包括相应的校准原理、计算公式和具体试验步骤。对于电气安全检验设备,详细说明了充电插座绝缘电阻测量误差、电位均衡测量误差(毫安表测量误差)以及电位均衡试验电流设定误差的校准方法,包括校准连接方式、模拟条件、误差计算公式和要求。

通过这些校准方法,可以有效地确保新能源汽车安全性能检测设备的量值准确。准确的检测设备参数能够为新能源汽车的安全性能检测提供可靠的数据支持,从而保障新能源汽车的安全运行,避免因检测设备不准确而导致的安全隐患。

随着新能源汽车技术的不断发展和进步,其安全性能检测设备也将不断更新和完善。未来可以进一步研究如何利用更先进的技术手段,如人工智能、大数据等,对校准方法进行优化。例如,可以利用大数据分析来优化校准点的选择,提高校准的效率和准确性;利用人工智能算法来自动识别和处理校准过程中的异常情况,提高校准的自动化程度^[30]。

目前,国家尚未出台该类设备的计量检定或校准技术规范。希望在未来,相关部门能够尽快完善新能源汽车安全性能检测设备校准规范,明确更加

详细和严格的校准标准和流程,为新能源汽车安全性能检测设备的校准提供更加科学、合理、规范的依据,促进新能源汽车行业的健康可持续发展。

参考文献

- [1] 侯冠宇, 赵万鑫, 徐政. 新质生产力赋能无人驾驶汽车产业发展: 理论、问题与前景 [J/OL]. 科学与管理. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1020.G3.20241023.1643.002.html>.
- [2] 魏佳东. 中国新能源汽车产业国际竞争力分析 [D]. 济南: 山东财经大学, 2024.
- [3] 常山. 可持续运输发展研究 [Z]. 2000.
- [4] 徐涵, 杨忠阳, 王轶辰. 新能源产业调查 [N]. 2024-07-29.
- [5] 鹿文亮, 朱永彬, 王晓明. 汽车产业电动化转型对就业的影响 [J]. 生态文明研究, 2024(3): 42-57.
- [6] 邹才能, 李士祥, 刘辰光, 等. 新质生产力赋能新型储能技术及其商业模式 [J]. 石油学报, 2024, 45(10): 1443-1461.
- [7] 何可. 我国首部新能源汽车安全检测国家标准发布 [N]. 2024-10-10.
- [8] 《中国公路学报》编辑部. 中国汽车工程学术研究成果综述:2023[J]. 中国公路学报, 2023, 36(11): 1-192.
- [9] 《中国公路学报》编辑部. 中国路面工程学术研究成果综述:2024[J]. 中国公路学报, 2024, 37(3): 1-81.
- [10] 王明赫. 我国新能源汽车产业政策研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2023.
- [11] 尤国贵, 卢剑伟, 张国军, 等. 插电式混合动力汽车能量管理策略研究综述 [J/OL]. 机械工程学报. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2187.TH.20241010.1127.004.html>.
- [12] 全国道路交通安全管理标准化技术委员会. 新能源汽车运行安全性能检验规程: GB/T44500-2024[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [13] 肖亿, 谭湘茨, 陈勇军. 基于汽车检测的分布式控制系统 [J]. 计量技术, 2006(11): 48-51.
- [14] 管嘉鑫. 新能源汽车检测技术的理论与实践研究 [J]. 时代汽车, 2024(20): 160-162
- [15] 江莉军. 新能源汽车电池系统制造过程 EOL 自动检测方案 [J]. 汽车维修技师, 2024(18): 118-119.

- [16] 全国电磁计量技术委员会. 电动汽车非车载充电机 (试行): JJG 1149-2022 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2022.
- [17] 李佳琪, 陈凯. 电池充放电测试仪现场校准方法的研究 [J]. [电子质量](#), 2018(9): 81-84.
- [18] 甘武, 周志霞. 基于 PLC 的动力蓄电池组性能测试系统设计 [J]. [计量技术](#), 2013(1): 18-21.
- [19] 陈益胜, 冯理贤, 刘文刚. 时间溯源在汽车充电桩测试仪计量中的应用 [J]. [计量科学与技术](#), 2021, 65(7): 25-27,8.
- [20] 李文芳. 动力电池测试系统充放电电流校准的研究 [J]. [计量技术](#), 2019(4): 34-37.
- [21] 国家市场监督管理总局. 电池充放电测试仪校准规范: JJF 2039-2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.
- [22] 夏明. 新能源汽车电池下壳体焊接工艺及其对车辆安全性能的影响 [J]. [汽车知识](#), 2024, 24(8): 11-13.
- [23] 赵耀, 王建, 周兵, 等. 一种四驱车滚筒同步速度检测台: CN201821807673.8[P]. [2025-03-10].
- [24] 苏阳, 曹进, 王丽芳, 等. 测功机动态校准装置研究 [J]. [科技创新导报](#), 2020, 17(2): 64-65.
- [25] 刘克涛. 汽车专用底盘测功机的校准 [J]. [中国计量](#), 2009(9): 79-81.
- [26] 国家技术监督局. 绝缘电阻表检定规程: JJG622-1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [27] 乐翎芯, 张文博, 陆永丽. 新能源汽车电器绝缘检测和监测方法应用探析 [J]. [科学与信息化](#), 2020, 6: 61.
- [28] 刘红英. 直流电位差计工作电流的校正 [J]. [计量与测试技术](#), 2017, 44(7): 30-31.
- [29] 陈建志. 等电位测试仪的校准方法 [J]. [上海计量测试](#), 2012, 39(1): 39-40,43.
- [30] 邓建明, 龚循飞, 于勤, 等. 新能源汽车电驱动系统关键技术及其发展趋势分析 [J]. [汽车文摘](#), 2025(2): 18-22.

本文编辑: 霍祎炜