

面向召回监管的新能源汽车缺陷线索分析方法研究

白铁 田晶晶 孙宁 姜肇财 郭鸽 费凡

(中国标准化研究院)

摘要: 汽车缺陷产品召回是国际上汽车产品质量安全监管的通行做法,也是汽车后市场监管的重要手段。准确、及时、有效地采集新能源汽车缺陷线索,然后系统地分析潜在的安全风险,可以准确、快速地识别新能源汽车潜在缺陷并实施召回,切实维护社会公共安全和消费者权益。本文主要分析了新能源汽车缺陷线索采集、缺陷线索标准化处理、缺陷线索关联分析以及平台系统构建与应用等,为新能源汽车缺陷线索处理、分析提供参考。

关键词: 新能源汽车, 缺陷线索, 标准化处理, 关联分析

DOI编码: 10.3969/j.issn.1674-5698.2023.12.021

Research on the Collection, Analysis and Prediction of Defect Clues for Electric Vehicles

BAI Tie TIAN Jing-jing SUN Ning JIANG Zhao-cai GUO Ge FEI Fan

(China National Institute of Standardization)

Abstract: The recall of defective automotive products is a common practice in the international supervision of automotive product quality and safety, and is also an important means of regulating the automotive aftermarket. Collecting clues about defects in electric vehicles accurately, timely, and effectively, and then systematically analyzing potential safety risks, can accurately and quickly identify potential defects in electric vehicles and implement recalls, effectively safeguarding public safety and consumer rights. This paper mainly analyzes the collection of defect clues for electric vehicles, standardized processing of defect clues, correlation analysis of defect clues, and platform system construction and application, providing reference for defect clue processing and analysis of electric vehicles.

Keywords: electric vehicles, defect clues, standardized processing, correlation analysis

基金项目: 本文受中央基本科研业务费项目“我国新能源汽车质量安全市场表现评价体系研究与应用”(项目编号:282023Y-10409)支持。

作者简介: 白铁,工程师,主要研究方向为汽车缺陷线索标准化处理、质量安全数据分析。

田晶晶,副研究员,主要研究方向为缺陷产品召回信息管理、数据挖掘应用。

孙宁,高级工程师,主要研究方向为缺陷产品召回管理、数据分析应用。

姜肇财,工程师,主要研究方向为缺陷产品数据分析、舆情监测研究。

郭鸽,助理工程师,主要研究方向为汽车缺陷产品召回、缺陷线索采集。

费凡,工程师,主要研究方向为汽车缺陷产品召回、缺陷信息备案。

0 引言

随着全球“碳排放”目标的推进，全球新能源汽车发展已进入不可逆转的快车道，未来汽车新能源化已成为世界各国的广泛共识。我国新能源汽车的发展已经走过了十多年，取得了显著的成绩。根据中国汽车工业协会发布的行业运行数据，2023年1-8月，我国新能源汽车产销量分别达543.4万辆和537.4万辆，同比分别增长36.9%和39.2%，市场占有率达29.5%。从市场规模来看，中国已成为全球最大的电动汽车市场，电动乘用车累计销量占全球45%，电动客车和电动卡车销量占全球90%以上。已建成的公共充电站数量超过了美国、欧洲和日本的总和。中国拥有领先的量产动力电池技术，是全球电动出行商业模式创新最活跃的地区。新能源汽车的构造和操作习惯与传统燃油汽车有很大不同。新能源汽车采用非常规车用燃料作为动力源，融合了汽车动力控制和驱动的先进技术。在日常驾驶和使用中，当突然减速或制动停车时，驱动电机转换为发电机，回收减速或制动产生的能量，并储存在高压电池中，以提高车辆的能量利用率。因此，与传统汽车相比，新能源汽车也存在新型的质量安全故障，例如：动力电池起火自燃、车辆意外加速失控、自动驾驶导致事故等。

新能源汽车的质量安全关系到人们的切身利益，随着我国新能源汽车保有量不断增加，消费者对新能源汽车的质量安全提出了更高的要求。汽车缺陷产品召回是国际上汽车产品质量安全监管的通行做法，也是汽车后市场监管的重要手段，在消除汽车安全隐患、保障消费者安全、促进产品质量提升等方面发挥着重要作用。2022年，我国共实施汽车召回204次，涉及车辆448.8万辆，随着新能源汽车保有量增加，新能源汽车召回数量创历史新高，全年共实施新能源汽车召回47次，涉及车辆121.2万辆，占全年召回总数量的27.0%，同比增长

31.5%。从消费者端采集新能源汽车潜在缺陷线索是开展召回管理工作的重要基础。准确、及时、有效地采集缺陷线索，对多源的缺陷线索进行标签标注和标准化处理，采用聚类的方法进行关联归并分析，利用新能源汽车潜在缺陷预测评价体系模型综合研判产品缺陷影响因子，系统地分析潜在的安全风险，可以准确、快速地识别新能源汽车潜在缺陷并实施召回。

1 新能源汽车缺陷线索采集体系

《缺陷汽车产品召回管理条例》第六条规定：任何单位和个人都有权向产品质量监督部门投诉汽车产品可能存在的缺陷。新能源汽车的缺陷线索采集体系包括缺陷线索报告、技术服务公告（TSB）、网络舆情信息、国内召回信息、国外召回信息、车辆事故深度调查数据（NAIS）、总局转办信息以及全国汽车产品缺陷线索监测协作网共享信息等，如图1所示。

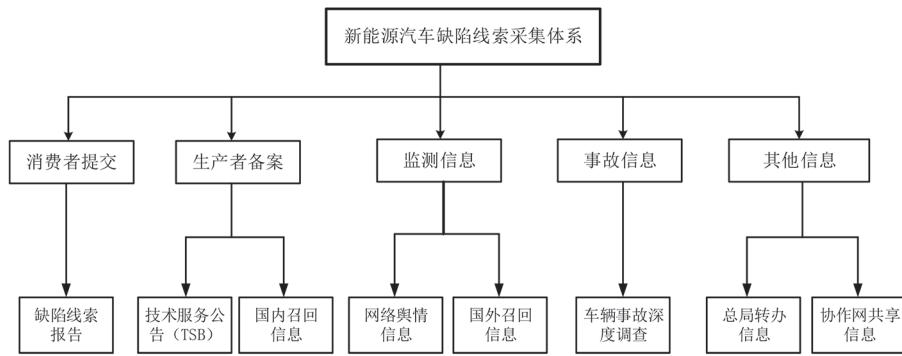


图1 新能源汽车缺陷线索采集体系

新能源缺陷线索报告是指消费者就新能源汽车可能存在的缺陷问题向产品质量安全监督管理部门提交的报告。技术服务公告（TSB）是指新能源汽车生产者针对特定范围内的新能源汽车故障，发布的关于故障处置方案的通知。网络舆情信息是指通过网络舆论监测采集到的互联网中与新能源汽车质量安全有关的信息。国内召回信息是指新能源汽车生产者向国家市场监督管理总局提交召回备案材料，并在国家市场监督管理总局和缺陷产品管理中心网站上公开发布的国内召回信息。国外召

回监测信息是指监测到的国外汽车产品召回主管机构发布的新能能源汽车召回信息，监测范围包括美国、欧盟、德国、英国、澳大利亚、日本、韩国7个国家或地区。车辆事故深度调查数据是指新能能源汽车道路交通事故的调查信息。总局转办信息是指国家市场监督管理总局转交、消费者来函以及消费者在国家市场监督管理总局网站后台留言的新能能源汽车质量安全信息。全国汽车产品缺陷线索监测协作网共享信息是指为加强汽车产品缺陷线索报告的采集和监测能力，提高缺陷线索报告覆盖的全面性，缺陷产品管理中心联合相关专业媒体、消费者权益保护、市场服务等机构，组建了“全国汽车产品缺陷线索监测协作网”，由该汽车协作网共享的新能能源汽车缺陷线索。

2 新能能源汽车缺陷线索预处理

2.1 新能能源汽车总成分类

根据新能能源汽车产品缺陷线索分析的技术要求，结合汽车产品的构造，新能能源汽车故障总成分为新能能源（包括动力电池、燃料电池等）专用装置、发动机、燃油系统、传动系统、制动系统、转向系统、悬架系统、车轮和轮胎、车身和内饰、安全气囊和安全带，仪表照明及辅助系统、高级驾驶辅助系统以及其他13个总成系统。其中新能能源（包括动力电池、燃料电池等）专用装置的二级总成包括：动力/燃料电池、充电系统、驱动电机、高压线束及部件（含转换器，安全保护、高压保护装置等）、整车及分总成控制系统（含整车控制系统、热管理系统等）、数据采集终端等，如图2所示。

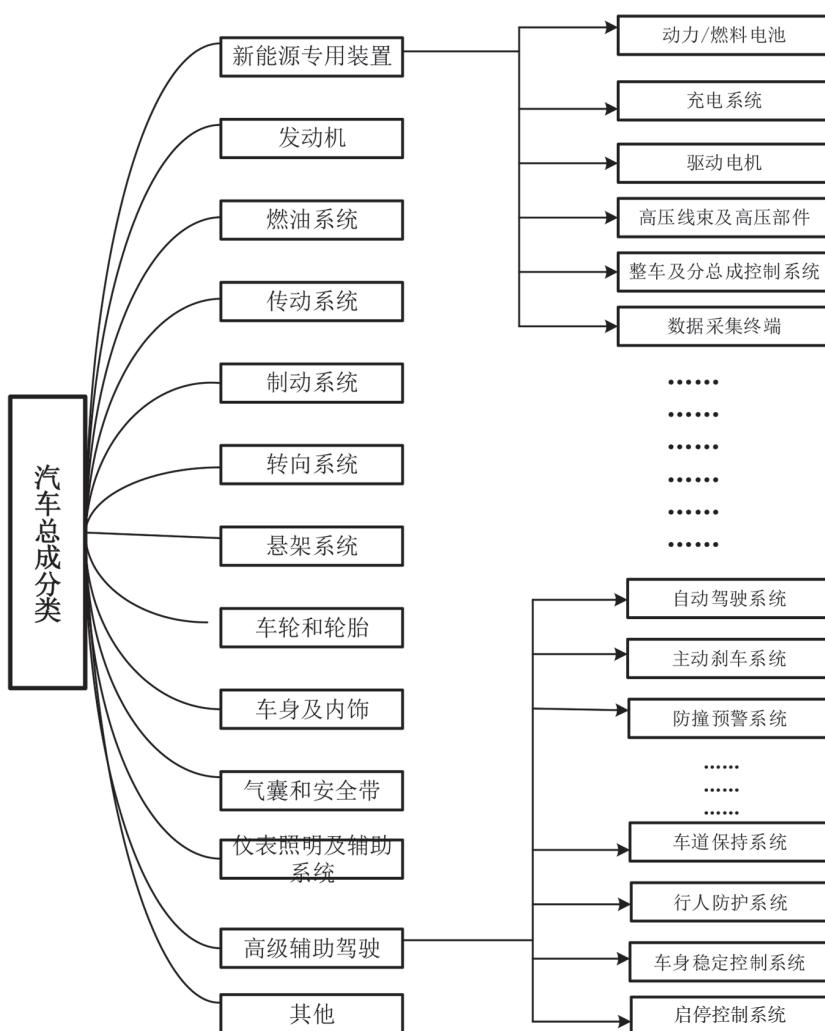


图2 新能能源汽车故障总成分类

2.2 新能能源汽车缺陷线索标准化

新能能源汽车故障是指新能能源汽车部分或完全丧失工作能力的现象，是新能能源汽车产品零部件本身或零部件之间相互连接或配合状态发生异常变化的结果。新能能源汽车故障可以分为动力电池故障、充电系统故障、驱动电机故障、控制系统故障、车身结构故障等多种类型。按发生的后果分为一般故障、严重故障和致命故障。一般故障是指新能能源汽车运行中能及时排除的故障或不能排除的局部故障；严重故障是指新能能源汽车运行中无法排除的安全故障；致命故障是指导致新能能源汽车造成重大损坏的故障。根据专家经验以及召回案例风险评估结果，新能能源汽车产品典型故障严重度等级分为高、较高、中、较低和低5个等级，见表1。

表1 新能源汽车故障严重度等级

严重度等级	指标定义
高	故障具有突发性,而且不可控,可能造成严重人身伤害或者财产损失
较高	故障具有突发性,且可控性降低,可能造成人身伤害或者财产损失
中	故障造成车辆行驶性能下降,可控,车辆有可能继续使用,如继续使用可能会导致高、较高的严重性等级
较低	故障对车辆行驶性能有部分影响,可控,车辆可继续使用,如继续使用可能会导致较高、中等的严重性等级
低	故障对车辆安全性无直接影响

结合新能源汽车维修基础理论,基于缺陷汽车产品召回管理工作中积累的缺陷线索以及召回案例数据,通过汽车专家咨询、文献查阅等补充相关知识,形成“新能源汽车典型故障专家知识库”。“新能源汽车典型故障专家知识库”是以历史缺陷线索和召回信息为基础,结合新能源汽车构造和工作原理,总结新能源汽车的典型故障性能和严重程度等级形成的知识库,主要包括新能源汽车系统总成、故障标签、故障严重度等,如图3所示。

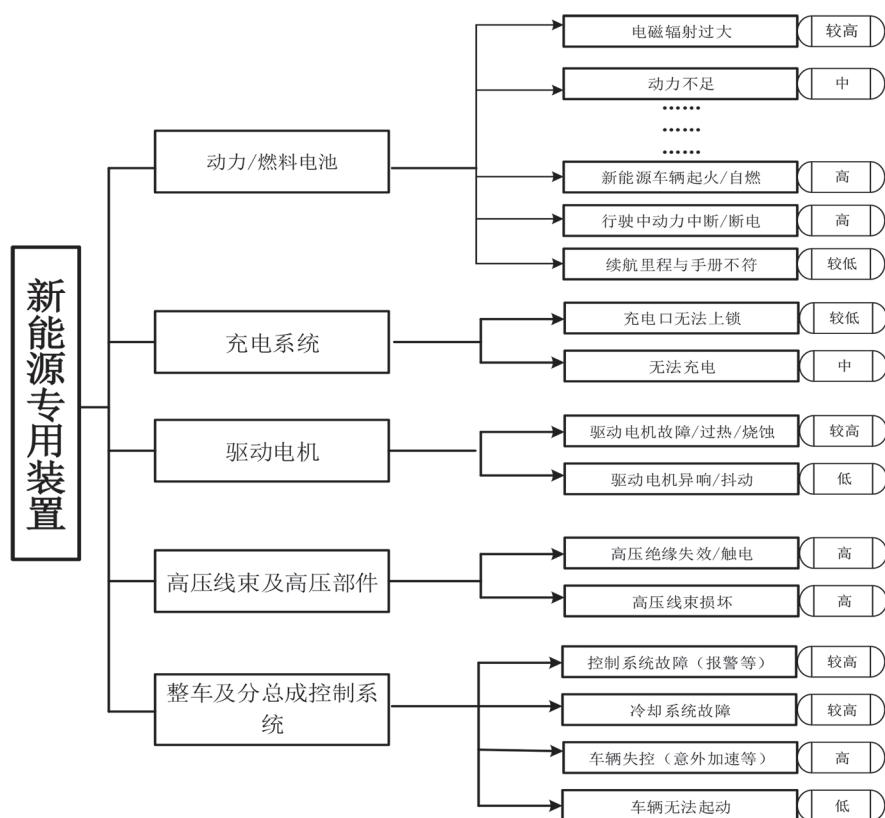


图3 新能源汽车典型故障专家知识库

在新能源缺陷线索采集阶段,同一故障问题的缺陷线索描述各不相同,难以有效进行数据关联性分析。在对多源缺陷线索信息进行关联性分析之前,需要对数据信息进行标准化处理。信息标准化处理是基于“新能源汽车典型故障专家知识库”,对新能源汽车缺陷线索报告、技术服务公告(TSB)、网络舆论监测信息、国内召回信息和国外召回监测信息等关于车辆故障描述进行标签标注,完成多源数据的标准化处理。

3 新能源汽车缺陷线索关联分析

3.1 新能源汽车缺陷线索分析方法

面对大数据时代数据的多样性和复杂性,为了获得更准确的结论,需综合应用不同的分析方法。新能源汽车产品多源缺陷线索信息需要定性与定量相结合,运用聚类方法进行相关性分析。关联分析是一种简单实用的分析技术,它可以发现大型数据集中存在的关联性或相关性,从而描述事物中同

时出现的某些属性的规律和模式。对新能源汽车的多源缺陷线索信息通过聚类的方法,将同一车型相同或相似故障进行归类,然后利用关联分析对多源数据中共同属性的规律进行分析总结,以获得多源信息中某个实体的共同属性,即同一新能源汽车品牌同一车型的故障模式。

3.2 新能源汽车潜在缺陷评估因子

根据缺陷的定义,新能源汽车缺陷的确定需要明确3个要素:故障是否由设计、制造和识别原因引起的,故障是否批次型问题以及故障是否涉及安全问题。

3.2.1 设计、制造或识别问题影响因子

设计、制造或识别问题影响因子包括购车时间、行驶里程、使用强度、使用环境等。单位时间内车辆行驶里程用于评估故障车辆是否超负荷使用。所有缺陷线索车辆中三包期内车辆的占比，用于评估故障车辆新旧程度。使用环境作为参考因子，如果车辆长期在高温、高湿、高寒等特殊气候环境下使用，或长期在路况较差的道路上使用，都可能加速故障发生。

3.2.2 批次问题影响因子

批次问题影响因子包括缺陷线索数量、网络舆情传播影响力、技术服务公告 (TSB) 等。车辆缺陷线索数量用于评估该品牌车型发生故障的频率。

舆情传播影响力是根据生产者、品牌、车型系列、故障总成、故障标签等，获取全网总体舆情数量，用于辅助评估该品牌车型发生该故障的频率。通过分析生产者备案的技术服务公告，关联分析其他品牌系列车型是否出现相似故障模式，用于辅助评估车辆是否涉及批次性问题。

3.2.3 安全问题影响因子

安全问题影响因子包括故障严重度等级、交通事故、伤亡数量、国内外召回等。“新能源汽车典型故障专家知识库”中基于专家经验和历史数据统计的汽车故障模式严重度等级，可用于评估汽车故障模式的安全风险等级。由于该故障模式引发道路交通事故造成伤亡人数，用于辅助评估该故障模式的安全风险等级。分析该故障模式的国内、外召回信息，通过对其他品牌系列车型上是否出现相似故障模式，用于辅助评估车辆是否涉及安全性问题。

综上所述，根据多源质量安全缺陷线索信息中不同要素的影响因子，深入分析新能源汽车缺陷线索报告数量、故障严重度、网络舆情数量、备案的技术服务公告 (TSB) 以及国内外召回等与新能源汽车产品缺陷的量化关系，形成新能源汽车潜在缺陷预测评价体系模型，如图4所示。

3.3 新能源汽车缺陷线索分析

对已完成标注标签的新能源汽车缺陷线索报

告、技术服务公告 (TSB)、网络舆情监测信息、国内召回信息、国外召回信息等，按照信息中生产者名称、车辆品牌、车型系列、故障总成、故障标签等属性，基于统一的“新能源汽车典型故障专家知识库”以及标准化的标签标注，将同一车型相同或相似故障进行聚类，实现多源信息的数据拉通和关联归并，对多源数据中共同的故障规律进行分析总结，获得同一新能源品牌同一车型的故障模式。

最后，利用新能源汽车潜在缺陷预测评价体系模型，结合新能源汽车某一故障类型的潜在缺陷预测评估因子，采用专家咨询的方式对其存在缺陷的可能性进行评估，形成新能源汽车潜在缺陷案例数据库。

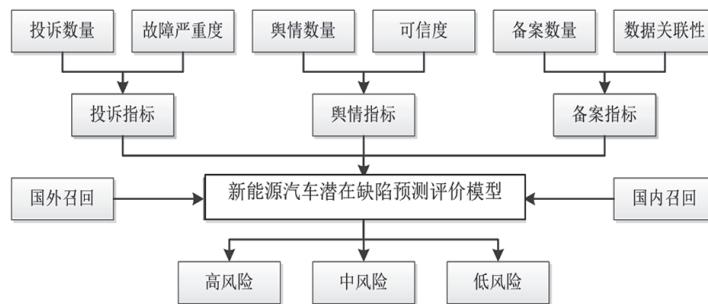


图4 新能源汽车潜在缺陷预测评价体系

4 基于数据融合的系统构建与案例分析

4.1 平台系统构建

为解决多源缺陷线索中存在数据孤岛、数据处理效率低、数据分析周期长等问题，从缺陷线索的采集、数据处理、关联分析等几个方面出发，构建“国家缺陷产品召回数据应用平台系统”。该系统旨在融合包括缺陷线索报告、技术服务公告 (TSB)、网络舆情信息、国内召回信息、国外召回信息等多源缺陷线索信息，打破现有的数据孤岛，通过数据的标准化、归一化、关联归并处理，形成新能源汽车潜在缺陷案例数据库，为开展缺陷调查提供技术支撑。该系统基于百分点公司设计开发的大数据操作系统BDOS (Big Data Operating System) 进行设计开发，分为数据查询模块、数据标准化模块和数据关联分析模块。

数据标准化模块基于“新能源汽车典型故障

专家知识库”中新能源汽车系统总成、故障关键词、故障现象相似表达、故障标签以及故障严重度等级等，通过自然语言处理技术（Natural Language Processing, NLP）与缺陷线索中关于新能源汽车故障描述进行比对，对新能源缺陷线索报告、技术服务公告（TSB）、网络舆情信息、国内外召回信息、事故调查数据等信息中关于故障描述的内容智能推荐标签，如图5所示。自然语言处理技术是指利用人类交流所使用的自然语言与机器进行交互通讯的技术。通过人为对自然语言的处理，使得计算机对其能够可读并理解。自然语言处理是以语言为对象，利用计算机技术来分析、理解和处理自然语言，即把计算机作为语言研究的强大工具，在计算机的支持下对语言信息进行定量化的研究，并提供可供人与计算机之间共同使用的语言描写，包括自然语言理解（Natural Language Understanding, NLU）和自然语言生成（Natural Language Generation, NLG）两部分。

图5 新能源汽车缺陷线索系统智能推荐标签

数据分析工程师根据自然语言处理的分析结果，对计算机推荐的新能源汽车故障标签进行校对，完成对新能源汽车多源缺陷线索标准化处理，选定的故障标签会根据“汽车产品典型故障专家知识库”获取故障严重度等级，故障严重度等级分为“低、较低、中、较高、高”5级，处理结果如图6所示。缺陷线索标准化处理为信息关联性分析提供了数据基础。

缺陷缺陷线索信息							车辆是否有召回	故障等级
缺陷信息编号	品牌	车型系列	一级总成	二级总成	缺陷标签			
QC202310001928	上汽通用别克	VELITE 6	纯电动、混...		新能源系统 OTA后续航下降	否	中	
QC202310001181	北京	EC3	纯电动、混...		新能源系统 动力电池故障	否	中	
QC202310001151	比亚迪	海豚	纯电动、混...		新能源系统 不能启动	否	较低	
QC202310001129	一汽奥迪	E-TRON	纯电动、混...		新能源系统 异响	否	低	
QC202310001077	云100S	云100S	纯电动、混...		新能源系统 无法快充 新能源系统 高温报警	否	低,低	
QC202310001059	小鹏P7	纯电动、混...			新能源系统 异响	否	低	
QC202310001031	EU7	纯电动、混...			新能源系统 动力电池故障 空调 空调效果不良	否	中,低	
QC202310000286	宋Pro	传动系			新能源系统 加速不良	否	较低	
QC202310000275	帝豪	帝豪GSE	纯电动、混...		新能源系统 无法快充 空调 空调效果不良	否	低,低	
QC202310000272	BMW i3 系列	纯电动、混...			新能源系统 电机故障	否	中	
QC202310000267	EV系列	纯电动、混...			新能源系统 行驶里程无法达到预定值	否	中	
QC202310000151	特斯拉 Model Y	高级驾驶辅助...			新能源系统 意外加速	否	高	
QC202310000114	阿维塔	阿维塔11	纯电动、混...		新能源系统 耗电过快	否	较低	
QC202310000109	江淮和悦	同悦系列	纯电动、混...		新能源系统 电量不能充满 新能源系统 耗电过快	否	中,较低	
QC202310000033	GK5	纯电动、混...			新能源系统 动力电池故障	否	中	

图6 新能源汽车缺陷线索系统标准化处理

数据关联模型对经过标准化处理缺陷线索报告、技术服务公告（TSB）、网络舆情信息、国内外

召回信息、事故调查数据等，通过品牌、车型系列、故障标签进行自动聚类关联，按照新能源汽车潜在缺陷预测评价体系模型综合评估各影响因子，对潜在缺陷故障数据进行计算和统计，通过专家咨询的方式对潜在缺陷案例为缺陷的可能性进行定性评价，分为“一般案例”“重点案例”“关注案例”3类，并将结果录入国家缺陷产品召回数据应用平台系统，最终形成新能源汽车潜在缺陷案例数据库。

新采集的线索信息,可以与历史潜在缺陷案例进行自动关联;如果系统中无相关历史潜在缺陷案例,则生成新的潜在缺陷案例。系统获取足够的历史案例信息后,可以自动对潜在缺陷案例为缺陷的可能性进行评估,这样可以大大提升缺陷线索分析的效率,缩短缺陷线索发现到召回的时间周期,提升汽车产品安全监管能力。

4.2 数据关联案例分析实例介绍

2020年9月,通过消费者提交缺陷线索报告发现某新能源汽车品牌车辆存在加速异常、车辆突然失控的线索,“国家缺陷产品召回数据应用平台系统”综合该品牌此类问题网络舆情监测、国外召回等多源线索,通过聚类和关联分析,综合评估缺陷预测评价体系模型中的影响因子,确认该故障涉及多个车型,数量较大,故障严重程度等级高,存在安全隐患,锁定为潜在缺陷案例。后作为“关注案例”经过技术分析、调查、专家咨询论证,判定车辆因没有允许驾驶员控制能量回收制动策略;同时,当驾驶员长时间深度踩下加速踏板时,尽管能够感知踩下加速踏板导致的速度和加速度的变化,但驾驶员可能没有收到足够的提醒以使其意识到加速踏板已被长时间深度踩下。这些因素的叠加增加持续长时间误踩加速踏板的概率,增加碰撞的风险,存在安

全隐患。针对该隐患召回监管部门约谈生产者进行缺陷汽车产品召回,生产者于2023年5月针对旗下多个新能源车型实施超过100万辆的车辆召回。

5 结语

为减少经济发展对环境的制约,未来汽车新能源化已成为世界各国的广泛共识。我国已成为世界新能源汽车产销大国,全社会对新能源汽车质量安全的关注度越来越高。随着我国新能源汽车保有量不断增加,消费者对新能源汽车的质量安全提出了更高要求。新能源汽车在使用过程中,受道路状况、使用强度、驾驶条件和外部环境等因素的影响,可能会出现不同类型的故障模式,从而影响车辆的行车驾驶安全。新能源故障模式的外在表现形式多种多样,缺陷线索是发现潜在缺陷最重要的数据来源,新能源汽车缺陷线索的采集处理和分析是发现潜在产品缺陷、支持缺陷调查的重要环节。不断优化完善新能源汽车缺陷线索处理分析方法,及时、准确发现新能源汽车潜在缺陷,建立科学有效的预警机制,对消除汽车安全隐患、保障消费者安全、促进产品质量提升等方面具有极其重要的意义。

参考文献

- [1] 孙宁,田晶晶,王琰,等. 汽车产品缺陷线索分析技术[M]. 北京:中国标准出版社, 2020: 142–147.
- [2] 朱培培,李新波,王焰孟,等. 基于安全监管下的新能源汽车热安全发展分析[J]. 汽车文摘, 2023(10):38–44.
- [3] 马浩然,李佳辉,毕崟. 新能源汽车热管理研究综述[J]. 汽车实用技术, 2023(08):1–9.
- [4] 钱鹏程. 新能源汽车安全分析及发展探索[J]. 农机使用与维修, 2023(09):68–71.
- [5] 宋黎,孙宁,姜肇财. 我国汽车产品缺陷信息分析研究初探[J]. 标准科学, 2016(08):37–40.
- [6] 郝雄博,蔡君同. 新能源汽车安全预警技术现状及未来展望[J]. 时代汽车, 2023(06):101–103.
- [7] 贾子润,王震坡,王秋诗,等. 新能源动力电池热失控机理和安全风险管控方法的研究[J]. 汽车工程, 2022(11): 1689–1705.