

进口汽车零部件监测数据风险分析与模型建立

杨雪, 张婧, 李晶, 李学洋, 李斌

(天津海关工业产品安全技术中心, 天津 300308)

摘要: 通过对我国近两年进口汽车零部件现状进行分析, 结合汽车零部件召回相关数据, 提出进口汽车零部件质量安全风险监测要点。通过层次分析法和失效模式与效应分析法两种方法建立风险评估数据模型, 并对比模型结果, 对各种进口汽车零部件风险预警等级进行分类, 针对分类等级提出相应的风险监管建议, 包括风险管理、完善信息平台 and 及时更新相关技术标准等, 探索风险监测管理模式, 建立系统的风险识别和评估的触发机制研究, 提升我国进口汽车零部件的质量安全风险管理水平。

关键词: 进口汽车零部件; 风险监测; 评估模型; 层次分析法; 失效模式与效应分析法

中图分类号: F407.471 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1469.2023.01.12

Risk Analysis and Model Building of Imported Auto Parts Monitoring Data

YANG Xue, ZHANG Jing, LI Jing, LI Xueyang, LI Bin

(Tianjin Customs Industry Safety Technical Center, Tianjin 300308, China)

Abstract: Combined with the recall cases and data, it put forward the key points of quality and safety risk monitoring of imported auto parts through the analysis of the current situation in China. The risk warning level of imported auto parts had been classified by establishing two risk analysis models, which is the analytic hierarchy process (AHP) and failure mode and effects analysis (FMEA). The risk supervision suggestions corresponding for the classification levels had been proposed to improve the quality and safety risk management level of imported auto parts in China, including risk managing, building a platform for information sharing and updating the relevant technical standards in time.

Keywords: imported auto parts; risk monitoring; analysis model; analytic hierarchy process; failure mode and effects analysis

我国是汽车消费大国, 进口汽车是中国汽车市场的重要组成部分, 满足了国内消费者对汽车产品的多样化需求。部分合资汽车品牌, 还需要进口汽车零部件来降低成本或满足技术需求, 或提供维护保养的硬件保障。本文聚焦进口汽车零部件领域的

质量安全问题, 基于近三年召回量和进口量等内容的数据分析, 对传统进口汽车及零部件质量安全数据信息进行梳理, 通过层次分析法和失效模式与效应分析法建立风险模型, 剖析和研判进口汽车零部件领域质量安全风险监测重点及难点, 为进口汽车

收稿日期: 2021-10-17 改稿日期: 2021-12-07

基金项目: 海关总署科研项目(2020HK258); 进口汽车及零部件质量安全风险识别与评估技术研究

参考文献引用格式:

杨雪, 张婧, 李晶, 等. 进口汽车零部件监测数据风险分析与模型建立[J]. 汽车工程学报, 2023, 13(1): 104-110.

YANG Xue, ZHANG Jing, LI Jing, et al. Risk Analysis and Model Building of Imported Auto Parts Monitoring Data[J]. Chinese Journal of Automotive Engineering, 2023, 13(1): 104-110. (in Chinese)



零部件的风险分析提供技术支持,提高海关进出口监管效能,探索风险监测管理模式,建立系统的风险识别和评估的触发机制研究。

1 现状分析

汽车产品价值高、质量大、行驶速度快,涉及的零部件种类及数量多,结构复杂。近年来,涉及汽车产品零部件质量安全的案例时有发生,对相应

的召回数据进行风险研判和分析,是十分有必要的。运用信息采集软件对海关总署、国家市场监督管理总局、RAPEX、CPSC等网站发布的针对“进口汽车零部件”风险召回及危险案例数据进行采集分析,2019年我国涉及到零部件不合格的进口汽车共召回113次,共计1 702 077件,2020年共召回104次,共计902 655件,收集到的数据分析如图1所示。

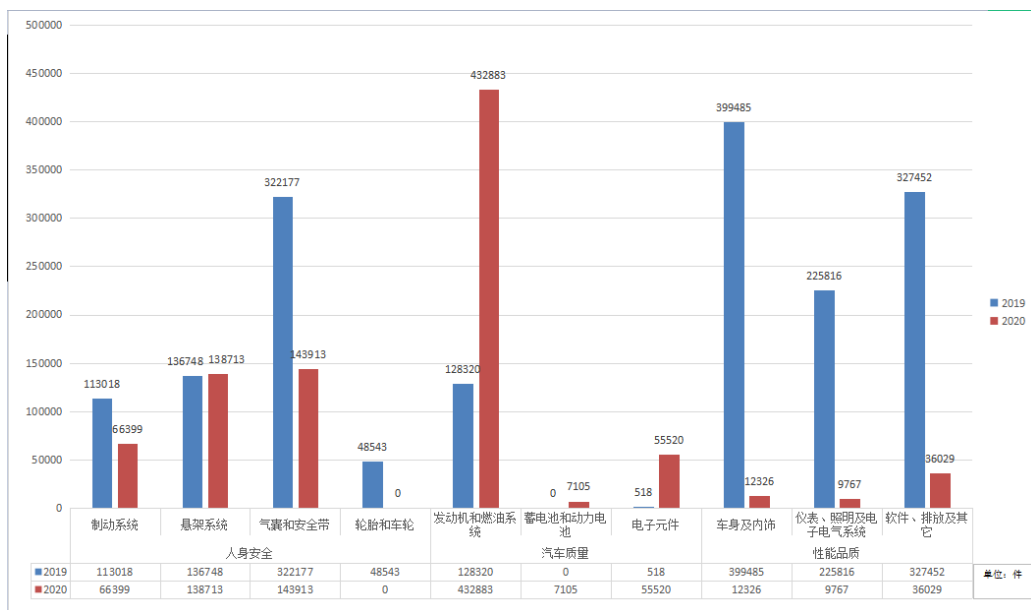


图1 2019年及2020年汽车零部件召回数据对比

2 进口汽车零部件质量安全风险监管情况

2.1 监管概况

根据2019年海关总署发布的《关于对进口汽车零部件产品推广实施采信便利化措施的公告》(海关总署公告2019年第157号),围绕贯彻落实国务院“放管服”改革要求,进一步优化口岸营商环境,降低企业通关成本,促进贸易便利化,经前期试点和风险评估,进口汽车零部件产品在全国海关推广实施采信便利化措施^[1]。进口汽车零部件在海关税则中归类到8708章节,新版税则仅保留了2个HS编码进行法定检验,其中涉及座椅安全带和铝合金制的车轮及其零件、附件,其他如变速器、制动器、天窗等零部件均不再进行法定检验,而是通过布控指令实施监督抽查检验。

2.2 铝合金制的车轮及其零件、附件

铝合金轮毂以其质量轻、散热快、易制造、耐磨损、油耗低、弹性大、平衡好,安全可靠,外形美观,尺寸精确,舒适性高等^[2-4]多个优点,适宜做小型轿车的车轮毂。同时,铝合金轮毂也存在铸件质量不稳定^[5]、表面易形成裂缝的问题^[6]。海关对法检的铝合金制的车轮及零件监管重点关注产品的安全性能,如旋转弯曲疲劳性能、径向载荷疲劳性能、径向冲击性能等,对存在此类安全风险的汽车轮毂不允许整改。

2.3 座椅安全带

2020年汽车安全带共计召回143 913件,数量巨大。汽车安全带是成本低、使用方便、效果优良的保护乘员措施,是汽车被动安全的重要组成部分。安全带由织带(纺织物)、卷收器(织带拉出

卷收锁止装置)、带扣锁与高度调节器等构成。为进一步保证乘员安全,更先进的安全带还采用预紧装置和限力器与安全气囊结合使用^[7]。安全带包括紧急锁止式、限力式、预张紧式、双极预紧式、锁扣自锁式、气囊式和锚点预紧式安全带等^[8]。汽车整车和安全带安全标准包括 GB 14166—2013《机动车乘员用安全带、约束系统、儿童约束系统 ISOFIX 儿童约束系统》^[9]和 GB 14167—2013《汽车安全带安装固定点、ISOFIX 固定点系统及上拉带固定点》^[10]等。汽车安全带涉及驾乘人员的人身安全,一旦出现问题引发的安全风险不容忽视。

3 进口汽车零部件的风险评估模型设置

层次分析法(AHP)是一种将定性和定量结合分析的方法,适用于多目标、多层次、多因素的系统决策^[11]。汽车是由多个零部件拼装而成,每个零部件都是不可或缺的部分,它们的质量直接影响乘员的人身安全、汽车的整体质量和性能,使用层次分析法对进口汽车零部件进行风险预警级别分析,能够系统、客观地对各个零部件的风险级别进行判断。失效模式与效应分析(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)方法,是从元件的故障开始逐级分析其原因、影响及应采取的应对措施,可以识别系统中各部分的潜在失效模式并评估故障的原因及对整个系统的影响^[12]。

通过建立两种分析方法的模型对比,将进口汽车零部件涉及人身安全、汽车质量、性能品质等方面进行风险评估和风险预警等级分类,可对不同的风险等级的汽车零部件分类管理,建立进口汽车零部件风险识别触发机制。

3.1 使用层次分析法进行风险评估

3.1.1 层次分析法步骤

分析基本步骤包括:建立层次结构模型,将相关因素分为不同层次;构造判断矩阵,根据各因素相对的重要性,采用1-9及其倒数的标度方法构造矩阵;层次单排序及其一致性检验,层次总排序及其一致性检验^[13]。

3.1.2 建立层次结构模型

进口汽车零部件的风险评估分析模型分3个层次:目标层G,为决策最终目标,即进口汽车零部件的风险预警级别;准则层C是该模型指标要素层的分类要求,包括人身安全、汽车质量、性能品质;指标层P,决定权重的具体指标,将容易出现问题的汽车零部件按照准则层进行划分,影响汽车安全的指标中包含制动系统、悬架系统、气囊和安全带,关系汽车质量指标中包含发动机和燃油系统、蓄电池和动力电池、电子元件,体现汽车性能品质的指标中包含车身及内饰、仪表、照明及电子电气系统、软件、排放及其他。分析模型如图2所示。

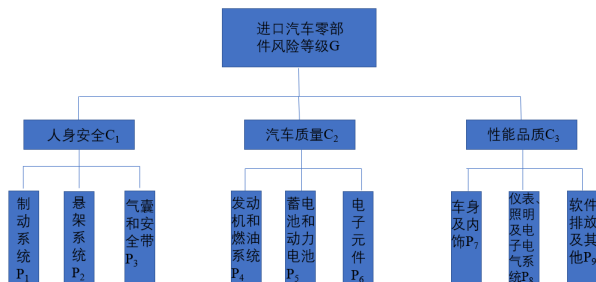


图2 汽车零部件风险评估层次结构模型

3.1.3 计算权重

在进口汽车零部件风险分析结构模型中,要量化判断,关键是要定量描述任意两个要素间的优势程度,使用单一准则,比较两个要素,可以用比较标度 a_{ij} 来表述重要程度。

根据数据统计并综合相关领域专家判断,运用系统思维对各零部件风险进行综合判定,针对风险因素建立层次结构模型,使用1-9标度法,确定各层次不同因素的权重,得到下列判断矩阵,并分别求判断矩阵的最大特征根 $\lambda_{\max}$ 和判断矩阵的随机一致性比率CR,进行判断矩阵的一致性检验,当 $CR < 0.1$ 时,可认为判断矩阵结果的一致性为满意^[12]。表1~5是根据各因素权重计算的层次分析结果。

由表5可知,排在前几位的是制动系统、悬架系统、气囊和安全带、发动机和燃油系统,这几项的权重占比高,是汽车风险分析中的重要因素,在风险分析及控制中进行侧重分析。

表 1 判断矩阵 G-C 及层次分析结果

G	C ₁	C ₂	C ₃	Wi	
C ₁	1	3	5	0.637 0	$\lambda=3.038\ 51$ CR=0.037<0.1
C ₂	1/3	1	3	0.258 3	
C ₃	1/5	1/3	1	0.104 7	

表 2 判断矩阵 C1-P 及层次分析结果

C ₁	P ₁	P ₂	P ₃	Wi	
P ₁	1	3	2	0.593 6	$\lambda=3.053\ 60$ CR=0.051 6<0.1
P ₂	1/3	1	1/2	0.157 1	
P ₃	1/3	2	1	0.249 3	

表 3 判断矩阵 C2-P 及层次分析结果

C ₂	P ₄	P ₅	P ₆	Wi	
P ₄	1	5	4	0.687 0	$\lambda=3.038\ 70$ CR=0.037 2<0.1
P ₅	1/5	1	2	0.186 5	
P ₆	1/4	1/2	1	0.126 5	

表 4 判断矩阵 C3-P 及层次分析结果

C ₃	P ₇	P ₈	P ₉	Wi	
P ₇	1	1/2	1/2	0.195 8	$\lambda=3.053\ 60$ CR=0.051 6<0.1
P ₈	2	1	1/2	0.310 8	
P ₉	2	2	1	0.493 4	

表 5 各具体因素权重结果

具体因素	权重	具体因素	权重	具体因素	权重
P ₁	0.378 1	P ₄	0.177 4	P ₇	0.020 5
P ₂	0.1	P ₅	0.048 2	P ₈	0.032 6
P ₃	0.158 8	P ₆	0.032 7	P ₉	0.051 7

3.2 使用失效模式与效应分析方法进行风险评估

采用 FMEA 中风险优先数法对进口汽车零部件进行风险分析,使用 1~10 等级赋值,包括以下步骤:(1)列出存在缺陷的零部件。(2)确定潜在失效模式及失效后果,评估失效严重度 S。(3)确定失效原因,评估缺陷产生的频度 O。(4)列出现有措施,评估缺陷产生的探测度 D^[14]。(5)计算风险顺序数 RPN=S×O×D。

3.2.1 列出进口汽车零部件的召回情况

表 6 是 2020 年因各汽车零部件不合格进行的汽车召回,包含召回次数、召回量及汽车的进口总量。

表 6 2020 年涉及各指标的召回次数及召回量

分类	项目	召回次数	召回量/辆	进口总量/辆
人身安全 C ₁	制动系统 P ₁	5	66 399	1 648 842 850
	悬架系统 P ₂	9	138 713	
	气囊和安全带 P ₃	21	143 913	
汽车质量 C ₂	发动机和燃油系统 P ₄	29	432 883	
	蓄电池和动力电池 P ₅	2	7 105	
	电子元件 P ₆	5	55 520	
性能品质 C ₃	车身及内饰 P ₇	14	12 326	9 767
	仪表、照明及电子电气系统 P ₈	5		
	软件、排放及其他 P ₉	14	36 029	

3.2.2 确定严重度、频度和探测度

严重度是对已假定失效的最严重影响的评价等级,表 7 为各零部件失效后造成的严重度等级说明,同时根据严重度进行不同的赋值。

频度是指产品周期内零部件失效发生的概率。表 8 为各零部件可能的失效率及对应的频度数等级说明,后续赋值的计算方法为因各零部件失效造成的召回量除以总进口量得到的失效率及对应的频度数。

探测度是 FMEA 的比较等级,代表风险发现的可能性。表 9 为探测度对应的评价准则及数值。

根据各评价标准对进口汽车零部件风险情况,请相关专家进行相应赋值并计算风险顺序数 RPN。由表 10 可知,制动系统、悬架系统、气囊和安全带、发动机和燃油系统的风险顺序数较高,这与前面权重计算结果是一致的。值得注意的是,电子元件的风险顺序数算出来较高,这是因为电子元件的缺陷不易发现,不易在日常检查中探测出来,但它的作用是不可忽视的。

4 风险预警等级分类

将风险预警涉及项目的权重按照区间分布建立风险预警分类原则。将风险预警区间分为 3 档,第 1 档为权重>30%,风险评估等级为严重,用橙色标示;第 2 档为 10%~30%,风险评估等级为较严重,用黄色标示;第 3 档为 0~10%,风险评估等级为一

表 7 严重度 S 等级说明

严重性等级	严重性等级说明	S 赋值
高	具有突发性，且不可控，可能严重危及人身、财产安全	10
	具有突发性，且可控性降低，可能严重危及人身、财产安全	9
较高	具有突发性，且可控性降低，可能危及人身、财产安全	8
	造成车辆行驶性能或功能下降，可控性降低，车辆有可能继续使用，若继续使用可能会导致高的严重性等级	7
中	造成车辆行驶性能或功能下降，但可控，车辆有可能继续使用，若继续使用可能会导致高的严重性等级	6
	造成车辆行驶性能或功能下降，但可控，车辆有可能继续使用，若继续使用可能会导致较高的严重性等级	5
较低	对车辆行驶性能或功能有部分影响，但可控，车辆可继续使用，若继续使用可能会导致较高的严重性等级	4
	对车辆行驶性能或功能有部分影响，但可控，车辆可继续使用，若继续使用可能会导致中的严重性等级	3
	对车辆安全性有轻微影响	2
低	对车辆安全性无直接影响	1

表 8 频度 O 评价标准（召回量除以总进口量）

失效发生的可能性	可能的失效率	频度数 O
很高	$\geq 1/2$	10
	$\geq 1/3$	9
	$\geq 1/8$	8
高	$\geq 1/20$	7
	$\geq 1/80$	6
中	$\geq 1/400$	5
	$\geq 1/2\ 000$	4
低	$\geq 1/15\ 000$	3
很低	$\geq 1/150\ 000$	2
极低	$\geq 1/1500\ 000$	1

般,用蓝色标示。将各风险指标根据风险预警等级分类原则进行风险评估,进口汽车零部件风险预警

等级分类结果见表 11。

从风险预警等级分类结果来看,在人身安全分类中,根据权重和 RPN 结果,制动系统经评估,权重和 RPN 数据均为最高,所以风险等级为严重,建议监管部门应予以重点关注,在布控监测环节采用高比例抽样监测,结合动态监测强化监管;在 RPN 结果中排名为 2/3/4 位的为悬架系统、气囊和安全带、发动机和燃油系统,而权重排名为 2/3/4 位的为发动机和燃油系统、气囊和安全带、悬架系统,综合二者结果考虑,这三者风险等级为较严重,建议监管部门动态调整抽样比例,结合风险信息优化监管;其他一般风险零部件,监管方式可采用验证放行、车证核查等方式提高通关效率。

表 9 探测度 D 评价标准

探测度	评价准则	探测度 D
几乎不可能	没有已知的控制办法能够找出潜在原因及后续的失效模式	10
很微小	现行的控制方法不可能找出潜在原因及后续的失效模式	9
微小	现行的控制方法只有微小的机会找出潜在原因及后续的失效模式	8
很小	现行的控制方法只有很小的机会找出潜在原因及后续的失效模式	7
小	现行的控制方法可能可以找出潜在原因及后续的失效模式	6
中等	现行的控制方法可以找出潜在原因及后续的失效模式	5
中上	现行的控制方法有好的机会找出潜在原因及后续的失效模式	4
高	现行的控制方法有更好的机会找出潜在原因及后续的失效模式	3
很高	现行的控制方法几乎确定可以找出潜在原因及后续的失效模式	2
几乎肯定	现行的控制方法肯定可以找出潜在原因及后续的失效模式	1

表 10 赋值及 RPN 计算

风险零部件	失效严重度 S	缺陷产生的频度 O	缺陷产生的探测度 D	RPN= $S \times O \times D$
制动系统	9	2	6	108
悬架系统	7	3	5	105
气囊和安全带	4	3	8	96
发动机和燃油系统	6	3	5	90
蓄电池和动力电池	5	1	5	25
电子元件	5	2	8	80
车身及内饰	4	2	3	24
仪表、照明及电子电气系统	4	2	4	32
软件、排放及其他	4	2	6	48

5 进口汽车零部件风险管理的工作建议

5.1 采用风险评估，实施动态管理

根据进口汽车零部件的预警等级分类情况，对其实行定期动态风险管理模式，包括事前、事中和事后各个环节。“事前管理”主要通过强制性产品认证制度保证车辆产品合法合规要求。“事中管理”主要是采取抽样监测和法定检验等监管模式。“事后管理”主要是以缺陷产品召回、风险信息收集、分析及消除等为核心的管理制度。采取动态调整抽

样检验的比例、分级监管等措施，完善进口汽车零部件检验监管抽批比例动态调整机制。

5.2 加强风险信息互通与共享

基于现有风险预警信息平台，继续完善进口信息共享机制，及时将各种不合格信息在平台上通报，加强不合格商品信息共享力度，发布不合格商品及同类商品的风险预警及有效期，同时将高风险商品的检验信息及时公布，实时调整风险预警商品信息，将风险监测、风险评估、风险预警、风险消除全链条信息更新在平台上，对企业提升汽车零部件的质量进行政策和数据指导。

5.3 关注国内外技术标准差异

截至 2020 年 12 月，我国已批准发布的汽车（含摩托车）相关强制性标准共计 193 项。其中，各类汽车相关强制性标准 86 项，机动车 18 项，摩托车 24 项，货车 6 项，客车 8 项，此外，消防、城市轨道交通列车、医疗、农业等特殊领域用车标准 51 项。但对于汽车零部件涉及的产品安全、禁限用物质等，与国际发达国家相比尚未形成完备的技术法规体系，亟需相关技术机构积极关注国内外汽车零部件产品研发及质量技术动态，制定符合我国汽车行业发展的相关标准。

表 11 进口汽车零部件风险预警等级分类结果

序号	分类	项目	权重	RPN	风险等级
1	人身安全 C_1	制动系统 P_1	0.378 1	108	严重
2		悬架系统 P_2	0.1	105	较严重
3		气囊和安全带 P_3	0.158 8	96	较严重
4	汽车质量 C_2	发动机和燃油系统 P_4	0.177 4	90	较严重
5		蓄电池和动力电池 P_5	0.048 2	25	一般
6		电子元件 P_6	0.032 7	80	一般
7	性能品质 C_3	车身及内饰 P_7	0.020 5	24	一般
8		仪表、照明及电子电气系统 P_8	0.032 6	32	一般
9		软件、排放及其他 P_9	0.051 7	48	一般

参考文献 (References)

[1] 海关总署. 关于对进口汽车零部件产品推广实施采信便利化措施的公告(2019年第 157 号)[Z]. 2019.
General Administration of Customs, P. R. China.

Announcement on the Adoption Facilitation Measures for The Promotion of Imported Auto Parts and Components Products(No.157, 2019)[Z]. 2019. (in Chinese)

- [2] 吴国瑞,陈晓鹏,张世琪. 铝合金轮毂的优势与热处理[J]. 内燃机与配件, 2018(23): 105-106.
WU Guorui, CHEN Xiaopeng, ZHANG Shiqi. The Advantages and Heat Treatment of Aluminum Alloy Wheel Hub [J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2018(23): 105-106. (in Chinese)
- [3] 姚丹. 汽车铝合金轮毂的应用与生产探究[J]. 世界有色金属, 2018(3): 258-259.
YAO Dan. Research on the Application and Production of Automobile Aluminum Alloy Wheel Hub [J]. World Nonferrous Metals, 2018(3): 258-259. (in Chinese)
- [4] 徐一展. 汽车铝合金轮毂的应用和分析[J]. 河南建材, 2019(1): 188-189.
XU Yizhan. Application and Analysis of Automobile Aluminum Alloy Wheel Hub [J]. Henan Building Materials, 2019(1): 188-189. (in Chinese)
- [5] 谭莹,莫明珍,李小敏,等. 铝合金轮毂失效分析[J]. 铸造, 2017(9): 983-986.
TAN Ying, MO Mingzhen, LI Xiaomin, et al. Failure Analysis of Aluminum Alloy Wheel Hub [J]. Foundry, 2017(9): 983-986. (in Chinese)
- [6] 于先锋. 汽车铝合金轮毂的应用与生产探究[J]. 内燃机与配件, 2019(16): 103-104.
YU Xianfeng. Application and Production Research of Automobile Aluminum Alloy Wheel Hub [J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2019(16): 103-104. (in Chinese)
- [7] 罗洪嫒. 汽车安全带基本知识及质量问题分析[C]//2020年海南科技学术论坛论文集, 2020.
LUO Hongman. Analysis of Basic Knowledge and Quality Problems of Automobile Safety Belt [C]//2020 Hainan Science and Technology Academic Forum Proceedings, 2020. (in Chinese)
- [8] 张骋. 安全带在约束系统集成中的应用[J]. 时代汽车, 2020(23): 146-147.
ZHANG Cheng. Application of Safety Belt in Restraint System Integration [J]. Auto Time, 2020(23): 146-147. (in Chinese)
- [9] GB 14166—2013. 机动车乘员用安全带、约束系统、儿童约束系统 ISOFIX 儿童约束系统 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
GB 14166—2013. Safety-Belts, Restraint Systems, Child Restraint Systems and ISOFIX Child Restraint Systems for Occupants of Power-Driven Vehicles [S]. Beijing: China Standard Press, 2014. (in Chinese)
- [10] GB 14167—2013. 汽车安全带安装 固定点、ISOFIX 固定点系统及上拉带固定点 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
GB 14167—2013. Safety-Belt Anchorages, ISOFIX Anchorages Systems and ISOFIX Top Tether Anchorages for Vehicles [S]. Beijing: China Standard Press, 2014. (in Chinese)
- [11] 刘豹,许树柏,赵焕臣,等. 层次分析法——规划决策的工具[J]. 系统工程, 1984(2): 23-30.
LIU Bao, XU Shubai, ZHAO Huanchen, et al. Analytic Hierarchy Process—Tools for Planning and Decision Making [J]. Systems Engineering, 1984(2): 23-30.
- [12] GB 27921—2011. 风险管理 风险评估技术 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
GB 27921—2011. Risk Management—Risk Assessment Techniques [S]. Beijing: China Standard Press, 2014. (in Chinese)
- [13] 李滨,张敏中. 基于层次分析法的汽车系统分析[J]. 江苏理工大学学报(自然科学版), 2000, 10(4): 24-27.
LI Bin, ZHANG Minzhong. Analysis of Vehicle System Based on the Analytic Hierarchy Process [J]. Journal of Jiangsu University of Science and Technology (Natural Science), 2000, 10(4): 24-27. (in Chinese)
- [14] 丁伟鹏. 汽车产品责任风险评价模式研究[D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2016.
DING Weipeng. Study on the Risk Assessment Mode of Automobile Product Liability [D]. Shenyang: Shenyang Aerospace University, 2016. (in Chinese)

作者简介



杨雪 (1988-), 女, 河北邢台人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为工业产品安全技术。

Tel: 13821968948

E-mail: yxl319721@163.com

通信作者



李学洋 (1979-), 男, 江苏盐城人, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为工业产品安全技术。

Tel: 13920356081

E-mail: lixueyang2008@163.com