

# 《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》山东省地方标准编制说明

## （报批稿）

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

根据《山东省市场监督管理局关于印发 2023 年度标准化创新发展计划项目的通知》（鲁市监标函〔2023〕246 号），《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》批准立项，立项编号 2023-T-82。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施，由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

#### （二）起草单位、起草人及任务分工

##### 1. 起草单位

山东交通学院、吉林大学、山东高速济南发展有限公司、济南北方数智交通科技有限公司（2024 年 12 月 9 日该公司名称进行变更，曾用名：济南北方交通工程咨询监理有限公司）、山东省高速养护集团有限公司、山东省交通科学研究院、中国汽车工程研究院股份有限公司、山东省现代物流协会、日照市东港区公路事业发展中心。

##### 2. 起草人

石磊、范艳辉、李显生、王屹虹、孙进伟、邹庆钰、冯勋红、王增强、刘凤涛、席建锋、任园园、郑雪莲、马士杰、孟祥荣、石亮亮、徐吉存、韩涛、宁乾、傅轶华、亓明、娄

本金、周才云、何丹、张有林、潘立平、李仰印、刘宏、刘旭亮、刘鹏、侯传明、辛珊珊、胡彬、刘光、刘尚林、彭国冬、韩晓永。

原起草人刘丹、于丽娟因已顺利完成硕士研究生学业，参加工作原因退出编写组，原起草单位潍坊联运有限责任公司及人员吕连强、韩峻光因自身原因退出编写组，原起草人李晓冉因自身原因退出编写组，原起草人王琨、胡朋、陈平新因自身原因退出编写组。为完善标准内容增加山东高速济南发展有限公司及其人员王屹虹、孙进伟、邹庆钰、韩涛、宁乾、傅轶华、亓明，山东省高速养护集团有限公司及其人员冯勋红、王增强、刘凤涛、姜本金，山东交通学院孟祥荣、何丹、刘尚林，中国汽车工程研究院股份有限公司及其人员石亮亮，济南北方数智交通科技有限公司刘鹏、侯传明、辛珊珊、胡彬，山东省现代物流协会周才云，日照市东港区公路事业发展中心及其人员刘光，彭国冬、韩晓永。

### 3. 任务分工

石磊，项目负责人，负责组织标准研究和调研，制定标准研究计划，审核标准草案和编制说明；

范艳辉、李显生、王屹虹、孙进伟、邹庆钰、冯勋红、王增强、刘凤涛、席建锋主要研究人员，协助负责人组织开展标准调研内容审核和确定、调研单位协调、调研结果分析探讨；确定标准草案主要内容。

任园园、郑雪莲、马士杰、孟祥荣、石亮亮，主要研究人员，负责起草调研内容、处理调研数据，实际调研和仿真

获取罐车运行状态数据，分析罐车行驶稳定性主要影响因素，明确驾驶员因素和车辆行驶稳定性因素对罐车运行安全性的影响权重；起草标准草案和编制说明。

徐吉存、韩涛、宁乾、傅轶华、亓明、娄本金、周才云、何丹、张有林、潘立平、李仰印、刘宏、刘旭亮、刘鹏、侯传明、辛珊珊、胡彬、刘光、刘尚林、彭国冬、韩晓永，主要研究人员，负责项目协调、技术讨论、草案内容审核。

### （三）起草过程

本标准制定严格按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写规则》的要求进行。

#### 1. 启动阶段

2023 年起，编写组依托在罐车运输安全分析和保障上丰富的研究积累，向主管单位提出了立项申请。

编写组多年来致力于道路运输液体罐式车辆的运输安全保障工作，在该领域积累了丰富的数据和经验。编写组成员针对罐车的行驶稳定性进行了系统性的研究，包括事故统计分析、运输企业调研、驾驶员不良状态监测及基于理论和实车实验的行驶稳定性分析。

#### 2. 起草及修订阶段

2023 年 8 月《山东省市场监督管理局关于印发 2023 年度标准化创新发展计划项目的通知》（鲁市监标函〔2023〕246 号），《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》批准立项，立项编号 2023-T-82。

2023 年 9 月至 2024 年 6 月，编写组基于已有的研究积

累，结合标准立项后的补充调研，秉承理论指导实际、理论补充实际的原则，以“罐车运行安全的关键路段和关键要素综合评估”为目标，确定了标准草案的内容范围和内容形式，并在此基础上起草了标准草案。

2024年6月至10月，编写组经过多次内部讨论、相关方调研等形式将草案进行了优化调整与补充完善。10月9日，由山东省交通运输标准化技术委员会组织召开了标准初稿预审会，与会专家对标准编制思路与标准内容进行了充分讨论，提出了专业性的意见和建议，编写组整合专家意见建议修改后形成了《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》初稿。

2024年12月17日，由山东省交通运输标准化技术委员会组织召开了标准初稿专家审查会，与会专家逐条审阅了标准内容，提出了相应的指导性建议。

2024年12月至2025年2月，编写组根据专家评审意见对内容进行了逐条修改完善，形成了标准的征求意见稿，提交山东省交通运输标准化技术委员会进行审查。

### 3. 征求意见阶段

2025年4月8日，由山东省交通运输标准化技术委员会下发关于征求《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》（征求意见稿）地方标准意见的通知，发送“征求意见稿”至35个单位。截至2025年5月8日，共收到25家单位的意见回函。25家单位对征求意见稿提出修改意见共61条，其中已采纳相关修改意见46条，部分采纳

相关修改意见 3 条，未采纳 12 条，并在山东省地方标准征求意见汇总处理表中进行说明。2025 年 5 月-2025 年 7 月，编制组根据意见及建议进行修改、完善，对征求意见稿进行通篇梳理，形成了送审稿。

#### 4. 送审稿审查阶段

2025 年 10 月 24 日，山东省交通运输标准化技术委员会组织召开了《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》山东省地方标准专家审查会，来自交通运输部公路科学研究院技术转移转化中心、山东省交通规划设计院集团有限公司、青岛道路运输协会、中国道路运输协会、山东警察学院、山东大学、山东科技大学、青岛理工大学、山东省标准化研究院共计 9 名专家组成了审查委员会。审查委员会听取了标准编制单位对草案在征求意见阶段的意见反馈情况和修改情况，根据在会专家的充分论证，对反馈意见进行了逐条的考虑，并要求草案根据反馈意见进行充分修订。2025 年 12 月 5 日，在对反馈意见进行充分修改后，形成了报批稿。

## 二、地方标准制定目的和意义

### （一）标准制定的背景

罐式专用汽车广泛应用于液态、液化气态货物的道路运输。我国每年有 70% 的液态货物使用罐式汽车进行公路运输，总运量超 4 亿吨、日均运输量达 100 多万吨、涉及 3000 多个货物品种。由于液态货物生产地和主要消费地的分布不均，依靠罐式汽车进行异地运输的货物总量还在逐年增加。

由于罐式汽车所承载的液态和液化气态货物具有热胀冷缩的性质，根据国家标准 GB 18564.1-2019《道路运输液体危险货物罐式车辆第 1 部分：金属常压罐体技术要求的规定》，罐体内液态货物的充装量一般不超过 90%；实际运输中罐体内液态货物的充装量多在 70%以上，罐体常处于非满载状态。

液态货物具有易于流动的性质，非满载罐体内的液态货物在车辆运行状态发生改变的时候，受到外界激励的作用，容易发生沿罐体长度方向（纵向）和沿罐体宽度方向（侧向）的冲击，由此对车辆本身产生冲击力和幅度较大的动态负载。

液体晃动动态载荷的作用使得罐式车辆的使用性能和普通载货汽车有较大差异，也使得罐车的制动性能、转向性能和操控性能较之普通载货汽车均有较大程度的降低。加之在实际道路运输过程中，高速行驶的汽车罐车常常会有制动、避障、转弯、超车或换道行为，且由于罐体形状和罐内货物的充装率的不同，所造成的液体晃动和冲击不同程度上降低了车辆的稳定性，加剧了罐车的交通事故风险。与此同时，由于汽车罐车运输的货物多具有爆炸、易燃、毒害、感染、腐蚀、放射性等危险特性，其交通事故常造成巨大的人员伤亡、财产损毁和环境污染。

为保障罐车的道路运输安全，非常需要从驾驶员行为监测和车辆运行状态监测的角度进行相关标准的探索与制定。

## （二）标准制定的目的和意义

目前国内关于道路运输罐式车辆运行安全的标准多集

中于静态管理。在罐式车辆运行状态监测和运输监管方面，主要涉及罐车设计制造、检验检测、注册登记、营运准入管理等环节，其管理手段主要是依赖于危化品运输管理条例和国家、企业对车辆运输、从业人员的各种约束制度，或通过安装在运输车辆及车载容器上的机械仪表获取主要运行参数；在罐车运输稳定性与制动效能评估方面，安全状态的判断主要依赖经验丰富的操作人员结合以往的事故案例分析或直观分析机械仪表数据得到。

以上对罐式车辆运输安全的监管具有很大的主观性和不确定性，相关技术要求的准确性也比较低，且缺乏对罐车动态运行过程中罐车运行安全的系统性检测和评估要求。综上，为了保障罐车的道路运输安全，最大限度管控事故风险，非常需要从车辆装载的技术要求、驾驶员操作的技术要求、行驶路线与车速的技术要求等方面进行相关标准的研究与制定。本标准将驾驶员状态信息、车辆行驶信息及道路环境信息纳入检测及评价体系，为罐车安全运行提供了全面的技术规范。在现有标准的基础上进一步细化了动态监测及评价内容，完善了道路运输罐式车辆的安全标准体系。标准的研究及推广应用，对保障我国汽车罐车道路运输安全和提高危化品道路运输行业安全管理水平具有重大意义。

《道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求》的发布有助于从源头上预防事故，保障人民群众的生命财产安全；为行业监管部门提供了科学、可操作的监管工具；通过实施本标准，运输企业可以建立完善的动态监测

及评价体系，降低罐式车辆的运营风险，对提高承运人员的安全意识和相应技术技能也有着重要指导意义。

### 三、地方标准编制原则、主要技术内容和确定依据；修订标准时，还包括修订前后技术内容的对比

#### （一）制定原则

本文件的制定以丰富的调研材料、调查实践经验和研究成果为依据，立足罐车运输安全影响因素分析、事故统计数据分析和事故原因深度调查、罐车行驶稳定性理论分析，力求做到方法科学、规范全面、简明实用、可操作性好。

##### 1. 适用性原则

结合罐车的运输安全调查和理论分析，在反复调研论证和实际调查应用的基础上修订标准文件，充分体现标准的包容性和适用性。

##### 2. 先进性原则

在标准编制中，既要技术先进，又要具有实用性。标准编制过程中，科学选择调查方法，充分发挥技术与设备能实现的采集数据精度，制订调查技术要求，提高调查质量。

##### 3. 规范性原则

标准文本格式、条款严格按照省地方标准管理办法的相关要求，编写过程中遵循并符合 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》，以及相关标准编写的要求起草，格式规范。

##### 4. 前瞻性原则

在制订标准的过程中，充分考虑到调查技术创新和信息



化发展，在制订技术规程时兼容新技术应用空间。

## （二）主要技术内容

本标准主要由范围、规范性引用文件、术语和定义、总则、道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测和评价要求及附录几个内容组成，主要内容如下：

### 1. 范围

本文件规定了道路运输液体罐式车辆（以下简称罐车）安全运行动态监测及评价的总则、驾驶员状态动态监测、罐车行驶侧翻风险动态监测、罐车安全运行评价的技术要求。

本文件适用于同时符合以下条件的罐车：

- a) 以常压或加压方式从事液体、液化气体货物运输的 N 类、O 类罐式专用运输汽车；
- b) 罐车安装具有圆形、椭圆形横截面以及可近似为圆形、椭圆形横截面的罐体。

### 2. 术语和定义

本文件的术语和定义参考了 GB 18564.1-2019《道路运输液体危险货物罐式车辆 第 1 部分：金属常压罐体技术要求》和 GB 28373-2012《N 类和 O 类罐式车辆侧倾稳定性》等标准的相关内容，在此基础上讨论并明确文件涉及的相关术语和定义。

### 3. 总则

（1）罐车安全运行动态监测及评价宜遵循“科学规范、数据驱动、量化分析”的原则。

（2）罐车驾驶员状态宜根据多种特征行为的动态监测

数据综合判定其状态，需考虑驾驶员状态监测系统的功能局限性及行车环境对驾驶员状态等级产生的影响。

（3）罐车行驶侧翻风险需在车-路系统条件下综合分析判定，宜采用多元统计方法计算罐车在弯坡组合路段、弯道路段行驶的侧翻风险指数。

（4）罐车运行安全风险可基于多源数据的动态监测和量化模型实现分级评价，道路运输企业通过高质量数据积累和模型优化能进一步提升罐车安全运行评价的科学性与合理性。

（5）罐车安全运行动态监测及评价工作可推动企业运输安全实现闭环管理及与监管部门建立协同共享机制。

#### 4. 驾驶员状态动态监测

使用满足 GB/T 41797 要求的驾驶员注意力监测系统对驾驶员头部姿态、接打手持电话、抽烟、闭眼、打哈欠等特征行为进行动态监测。

驾驶人状态根据驾驶员头部姿态、接打手持电话、抽烟、闭眼、打哈欠等特征行为进行综合判定。

驾驶员状态包含驾驶员分心和疲劳，可划分为良好、轻度不良、中度不良、重度不良四个等级。

驾驶员状态等级的综合判定取疲劳状态与分心状态中的较高等级。

##### 1) 驾驶员分心等级判定

驾驶员分心等级可依据其头部姿态、使用手持电话、抽烟等行为的异常程度及持续时间进行划分，可分为无分心、

轻度分心、中度分心和重度分心四个等级。

## 2) 驾驶员疲劳等级判定

驾驶员疲劳等级可根据其闭眼、打哈欠的持续时间和频次进行划分，可分为无疲劳、轻度疲劳、中度疲劳和重度疲劳四个等级。

## 5. 罐车行驶侧翻风险动态监测

### 1) 罐车行驶侧翻的风险因素

根据现有研究对弯坡组合路段上罐车侧翻风险影响因素的分析结果并结合仿真分析验证，确定车辆运行速度、罐体形状、罐内货物充液比、弯道半径、纵坡坡度以及弯道超高六种影响因素，并在罐车行驶前后收集相关数据。

### 2) 罐车侧翻风险指数的回归分析方法

当罐车行驶中的前后轴平均横向载荷转移率（LTR）不可测得或估算时，可利用多元回归分析估计罐车在该路段行驶时的侧翻风险指数。

罐车侧翻风险指数的多元回归模型是关于车辆运行速度、罐体形状、罐内货物充液比、弯道半径、纵向坡度、弯道超高的多元线性回归函数，其拟合精度  $R^2$  达到 0.95 以上。

### 3) 罐车行驶侧翻风险等级划分和判定

罐车侧翻风险等级划分为四级，从低到高依次为：安全、低风险、中风险、高风险。

a) 罐车侧翻风险指数小于 0.1 时，罐车无侧翻风险，处于安全状态

b) 罐车侧翻风险指数大于等于 0.1 且小于 0.3 时,罐车侧翻风险为低风险;

c) 罐车侧翻风险指数大于等于 0.3 且小于等于 0.7 时,罐车侧翻风险为中风险;

d) 罐车侧翻风险指数大于 0.7 时,罐车侧翻风险为高风险。

### 5.罐车安全运行评价

按照罐车驾驶员状态和车辆侧翻风险综合判定车辆运行安全等级。罐车运行安全等级可分为五级:安全、低风险、中风险、高风险、极高风险。在驾驶员不良状态等级和罐车侧翻风险等级确定的基础上,查询罐车运行安全评估矩阵,对每一个弯坡组合路段的罐车运行安全进行评价。

罐车运行安全等级宜取驾驶员状态和车辆侧翻风险的较高等级,并随任一指标的等级增加而风险递增。

### 6. 附录

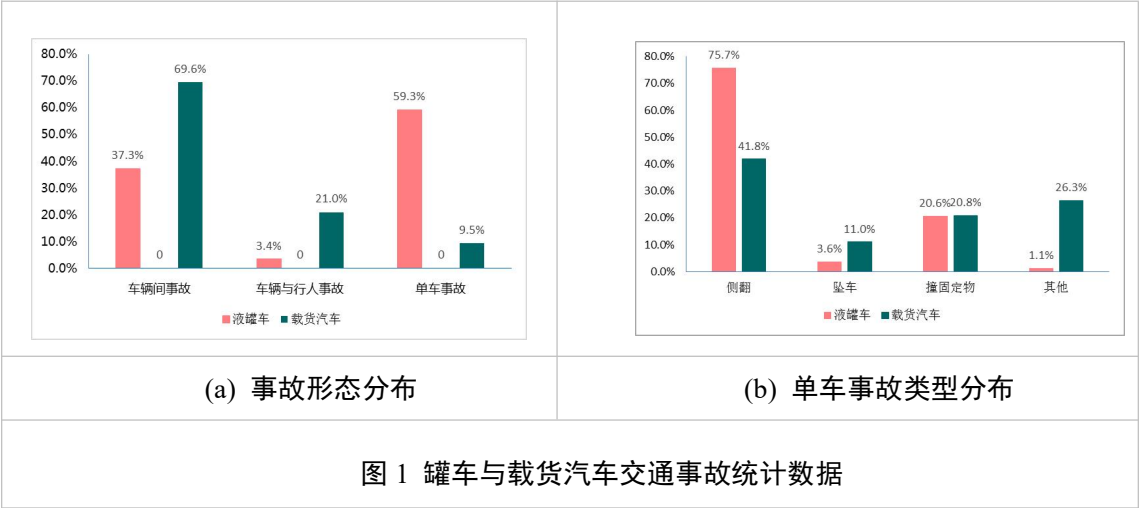
为了保证标准相应评价方法的可复现性以及科学性,附录部分提供了罐体形状和货物充液比的计算方法。同时,当罐车行驶中的前后轴平均横向载荷转移率(LTR)可被测得或估算时,也提供了罐车侧翻风险指数的理论计算方法。

#### (三) 确定依据

##### 1. 罐车事故特征分析以及主要影响因素确定

对 2000-2020 年全国罐车与载货汽车的交通事故统计数据进行分析,结果表明,单车事故是罐车最主要的事故形态,其占到罐车交通事故总量的 59.3%。而同期载货汽车

单车事故量仅占总数的 9.5%（图 1(a)）；在单车事故中，侧翻是两车最主要的事故类型，但罐车侧翻事故所占比重要远高于载货汽车（75.7%：41.8%，图 1(b)）。由此可见，侧翻事故是罐车常见的事故类型，且多发生在高速公路的弯坡组合路段上。



罐车驾驶员在高速行驶条件下的超车、换道、急刹车以及其他紧急避障操纵加剧了液体货物的晃动，使得罐体上作用有较大的侧向和（或）纵向冲击力，更进一步降低了罐车行驶稳定性、增加了罐车行驶稳定性风险。

综上分析，导致罐车单车事故的原因主要是运行环境（道路线形条件）、车辆装载条件、车辆运行条件以及驾驶员不正确的操作。因此，本标准从驾驶员监测和车辆监测的角度，对罐车运输安全进行监测和评估。

2. 罐车运行状态监测内容的确定依据

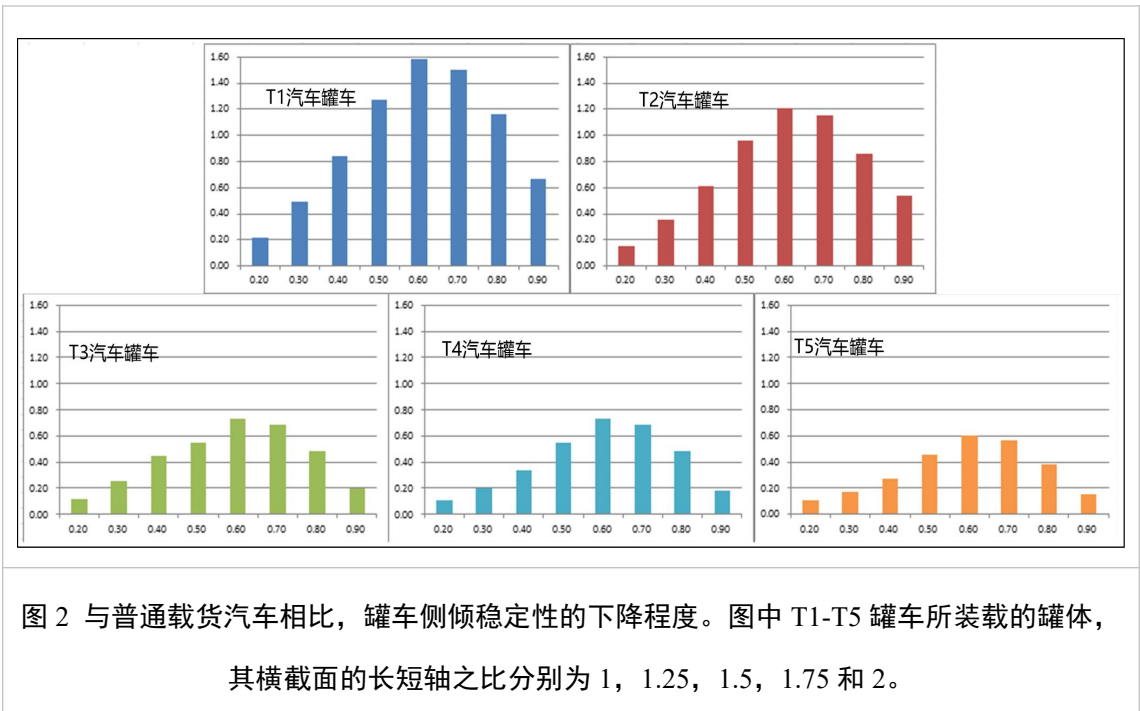
罐车运行状态监测内容的确定依据主要包括以下三个方面：

2.1 罐车侧翻风险高的依据

本文件从罐式车辆与普通货车的差异性分析入手，通过

非满载罐体内的液体晃动的动力学特性理论与实验分析，获取不同充装率等运输条件下的罐车行驶性能，结果发现，与普通载货汽车相比，罐车的行驶稳定性极差，尤其是其侧倾稳定性。

对罐车侧倾稳定性能的仿真研究表明：在相同的装载和行驶条件下，与普通载货汽车相比，不同罐体形状的罐车侧倾稳定性的下降幅度均是先增加后下降的，在充液比为 0.6 时的下降幅度达到最大值，即充液比为 0.6 附近的罐车侧倾稳定性最差。



通过观察角阶跃试验条件下，罐车与普通载货汽车的临界稳定车速发现，相比于普通载货汽车，罐车的临界稳定车速有大幅下降，在充液比小于 0.7 时，罐车临界稳定车速的下降幅度均大于 30%，在充液比为 0.5 时，罐车临界稳定车速仅为普通载货汽车的 50%~65%，可见充液比为 0.4~0.7 时

罐车处于较差的装载状态。

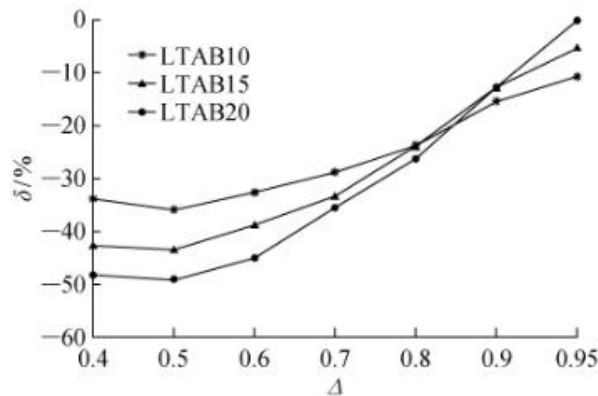


图3 罐车与普通载货汽车相比，其临界稳定车速的下降幅度。图中 LTAB10、LTAB15、LTAB20 表示罐体横截面的长短轴之比为 1，1.5 和 2。

## 2.2 影响罐车侧翻风险的主要因素

企业和行业监管部门实际调研发现，罐车运输线路上的侧翻事故多发生于弯坡组合路段，且事故发生与车速密切相关，结合现有研究对弯坡组合路段车辆侧翻风险影响因素的分析，确定弯道半径、纵坡坡度、弯道超高及车速为主要影响因素。进一步的仿真实验表明，罐车的罐体形状和充液比也会对罐车的侧翻风险产生影响。其中，弯道半径对侧翻风险的影响程度最大，车速的影响次之，而罐体形状的影响程度则最小。

## 2.3 罐车侧翻风险的评估指标

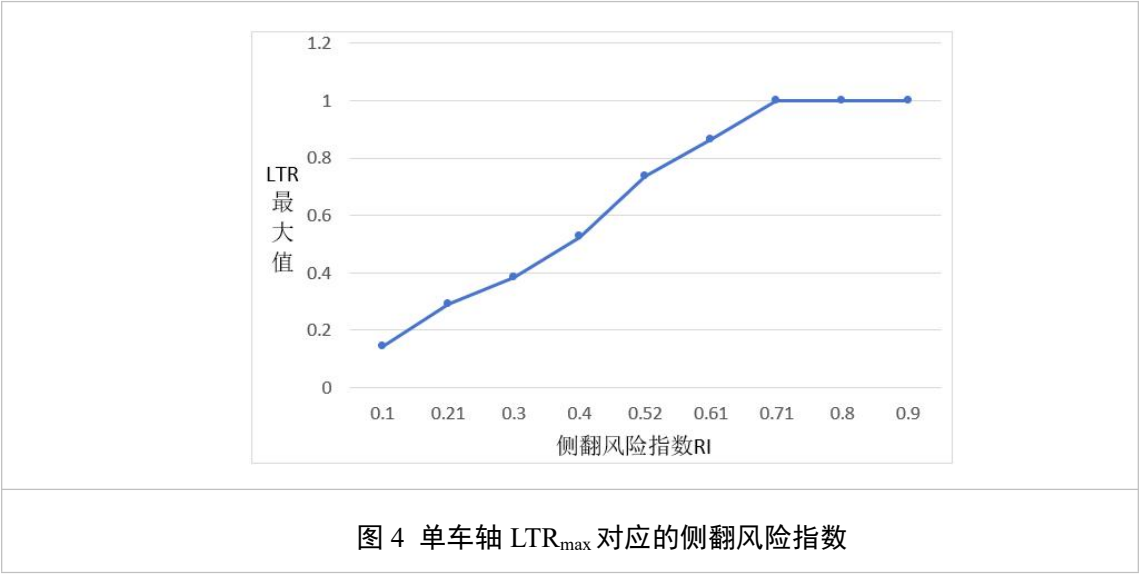
轮胎横向载荷转移率（LTR）是广泛应用的评估车辆侧翻风险的指标。使用 LTR 作为罐车侧翻风险评价指标时，由于 LTR 是实时计算指标值，只能反映每时刻的车辆侧翻风险，无法描述某一路段上车辆的侧翻风险，因此借助 LTR 定义了一个车辆侧翻风险指数，该侧翻风险指数可以将一段路段的

侧翻风险量化为一个具体数值，可以更方便地描述车辆行驶在某一路段上的侧翻风险程度。

#### 2.4 罐车侧翻风险分级的划分

通过观察仿真实验罐车的行驶状态，

- 当罐车的侧翻风险指数小于 0.3 时，行驶过程中横向载荷转移率（LTR）较大的车轴的最大 LTR 值较低，罐车稳定行驶，此时定义罐车的侧翻风险等级为低风险；
- 当罐车的侧翻风险指数大于等于 0.3 且小于 0.7 时，行驶过程中横向载荷转移率（LTR）较大的车轴的最大 LTR 值明显增大，罐车行驶时出现一定程度的侧倾，但还未出现车轮离地现象，将此时罐车的侧翻风险等级定义为中风险；
- 当侧翻风险指数大于 0.7 时，行驶过程中横向载荷转移率（LTR）较大的车轴的最大 LTR 值为 1，罐车出现单车轴或两车轴的车轮离地现象，罐车具有较大的侧翻风险，将此时罐车的侧翻风险等级定义为高风险。





## 2.5 罐车侧翻风险仿真试验及侧翻风险指数的多元回归模型构建

通过罐车-驾驶员-道路闭环动力学仿真研究罐车以不同装载条件在不同弯坡组合路段上行驶时的侧翻风险。

### (1) 罐车整车动力学模型构建

使用 Truksim 搭建罐车的刚体部分，使用 Simulink 建立椭圆规钟摆模型模拟液体货物的侧向晃动，如图 5 所示。通过刚体运动和液体侧向晃动力以及晃动力矩将罐车的刚体部分和液体部分进行联系，如图 6 所示。

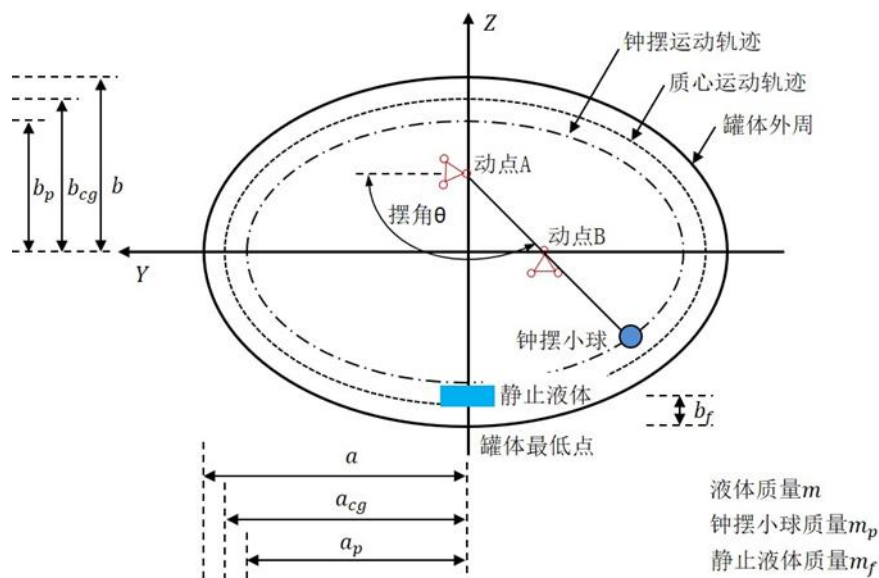


图 5 侧向晃动等效椭圆规钟摆模型

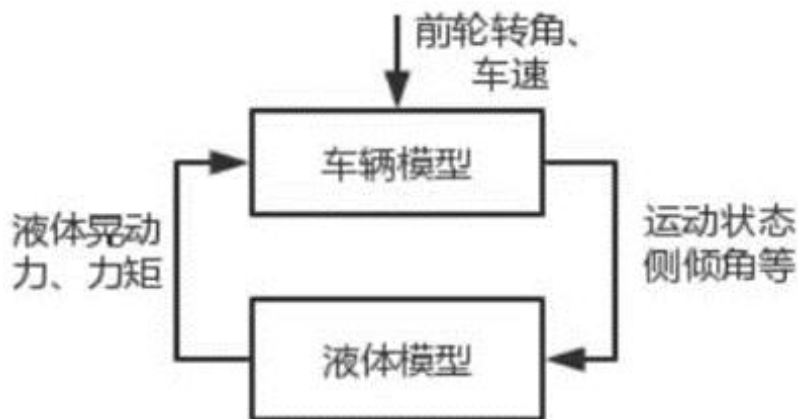


图 6 车辆模型与液体模型交互示意图

椭圆规钟摆模型的具体描述以及参数获取方式请参阅如下文献：

[1] Li, X.; Zheng, X.; Ren, Y.; Wang, Y.; Cheng, Z. Study on Driving Stability of Tank Trucks Based on Equivalent Trammel Pendulum for Liquid Sloshing Discrete Dynamics in Nature and Society 2013, 2013, 1-15, doi: 10.1155/2013/659873

[2] Zheng, X. Research on Driving Stability of Tank Vehicles Based on Equivalent Mechanical Model of Liquid Sloshing. PhD Thesis, Jilin University, 2014.

## (2) 驾驶员模型构建

驾驶员模型利用非奇异终端滑模控制策略构建。

驾驶员模型参见公式（1）：

$$\begin{cases} w_1 = \frac{k_1 + k_2}{mv_x} \dot{e} - \frac{k_1 + k_2}{m} \Delta \psi + \frac{ak_1 - bk_2}{mv_x} \Delta \dot{\psi} + x_m \left( \frac{ak_1 - bk_2}{I_z v_x} \dot{e} - \frac{ak_1 - bk_2}{I_z} \Delta \psi + \frac{a^2 k_1 + b^2 k_2}{I_z v_x} \Delta \dot{\psi} \right) \\ w_2 = \frac{ak_1 - bk_2}{m} \rho - \rho v_x^2 + \frac{\dot{v}_x}{v_x} \dot{e} + x_m \left( \frac{a^2 k_1 + b^2 k_2}{I_z} \rho - \dot{v}_x \rho - v_x \dot{\rho} \right) \\ w_3 = -\frac{ak_1}{m} - \frac{ak_1}{I_z} x_m \\ \delta_f = u = -\frac{1}{w_3} \left[ w_1 + w_2 + \frac{q\lambda}{p} |\dot{e}_m|^{2-\frac{p}{q}} \tanh(\dot{e}_m) + \varepsilon_1 \tanh(s) + \varepsilon_2 s \right] \end{cases} \quad (1)$$

式中：

$V_x$ ——车辆前进速度；

$k_1, k_2$ ——前轮和后轮的广义轮胎侧偏刚度；

$a, b$ ——车辆质心距前轴和后轴的距离；

$m$ ——整车质量；

$I_z$ ——车身的横摆惯性矩；

$\delta_f$ ——前轮的转向角；

$x_m$ ——驾驶员预瞄距离；

$\rho$ ——路径曲率;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  —— 两个需要设计的正常数，可以在增大  $\varepsilon_2$  的同时减小  $\varepsilon_1$ ，既能提高趋近速度又能减小抖振；

$e$ ——横向偏差;

 $\Delta\phi$ ——航向偏差。

控制系统结构图如图 7 所示:

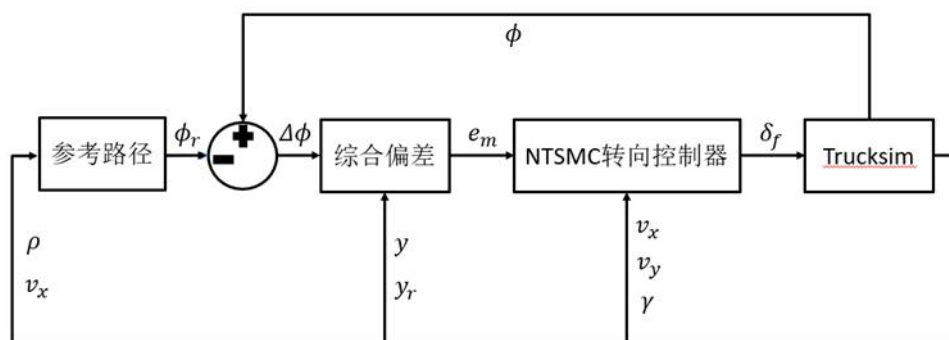


图 7 驾驶员模型控制结构图

### (3) 仿真工况设计

### 1、罐车基本参数

在 Trucksim 中设置罐车基本参数。选择装配圆形/椭圆形截面罐体的双轴液罐车作为实验车辆, 车辆驱动形式为 4×2, 后轮驱动, 后轴为并装双轮。车身长度设置为 8.5 m。其他参数如表 1 所示。

表1 罐车基本参数

参数	取值	参数	取值
罐体长度	5.8 m	$l_{zs}$	60147 kg.m <sup>2</sup>
$m_t$	4540 kg	$l_{xzs}$	3740 kg.m <sup>2</sup>
$m_u$	2065 kg	$l_{xs}$	4669 kg.m <sup>2</sup>

$h_s$	0.565 m	车辆质心到前轴距离	2 m
$h$	0.95 m	车辆质心到后轴距离	3 m
前悬架侧倾角刚度	140000 N·m/rad	后悬架侧倾角刚度	202000 N·m/rad
前悬架侧倾角阻尼	6050 N·m·s/rad	后悬架侧倾角阻尼	9080 N·m·s/rad

## 2、罐体形状

液罐车的罐体形状对其侧倾稳定性有一定的影响，其中圆形截面的罐体因其结构对称且重心分布均匀，通常在设计上具有较高的稳定性，能够有效降低液罐车的侧倾风险并增强操纵稳定性；椭圆形截面的罐体相比于圆形截面的罐体具有较宽的宽度及较低高度，其较低的重心有助于降低液罐车的侧翻风险。但是在稳定性方面，这种罐体形状相较于圆形截面的罐体可能稍显逊色；方形或矩形截面的罐体在侧倾稳定性方面相较于前两种形状的罐体较差，主要是因为其两侧较大的投影面积，使得车辆容易受到侧向风的影响以及在转弯时会产生较大的侧向力矩。

按照《危险货物道路运输安全管理办法 2020》中的规定，液体危险化学品常压罐式车辆罐体生产企业生产的罐体应当符合 GB 18564《道路运输液体危险货物罐式车辆》的要求。根据《道路运输液体危险货物罐式车辆》中的规定：

1) 液罐车罐体横截面形状的选择应遵循以下原则：

(1) 在运输液压试验压力大于或等于 0.4 MPa 的液体或毒性为极度、高度危害的液体时，罐体应采用圆形截面；

(2) 在运输液压试验压力低于 0.4 MPa 的液体或毒性较低及无毒性的其他介质时，罐体应采用圆形、椭圆形或带有

一定曲率的凸多边形截面。

2) 圆形截面的曲率半径没有具体要求，非圆形截面的曲率半径应符合下列规定之一，另外罐体形状的设计应使其满足液罐车的尺寸要求及罐体的最大允许充装质量的要求：

(1) 截面的最大曲率半径小于或等于 2000 mm；

(2) 截面的两侧面的曲率半径小于或等于 2000 mm，顶部和底部的曲率半径小于或等于 3000 mm。

另外，根据 GB 20300《道路运输爆炸品和剧毒化学品车辆安全技术条件》的要求，运输爆炸品、强腐蚀性危险货物的液罐车罐体容积不得超过 20 m<sup>3</sup>，运输剧毒化学品的液罐车的罐体容积不得超过 10 m<sup>3</sup>。为了研究罐体形状对液罐车侧翻风险的影响，综合考虑以上对液罐车罐体形状的要求，以一款双轴液罐车为例，罐体长度为 5.8 m，罐体横截面面积为 2.5 m<sup>2</sup>，设计了四种截面形状的罐体，四种罐体的长短轴之比（a/b）分别为 1、1.5、1.75、2。罐体几何尺寸设置如表 2 所示。

表2 罐体几何尺寸

罐体命名	罐体长短轴之比	长轴半径	短轴半径
罐体 1	a/b=1	0.8921	0.8921
罐体 2	a/b=1.5	1.0926	0.7284
罐体 3	a/b=1.75	1.1802	0.6743
罐体 4	a/b=2	1.2616	0.6308

3、罐体内货物充液比

根据 JT/T 617.4《危险货物道路运输规则第 4 部分：运

输包装使用要求》中的规定，罐式车辆罐体的充装率要求如下：运输液化气体、液态物质、冷冻液化气体的罐体，在没有被分舱隔板或防波板分成容量不超过 7500 L 的若干舱的情况下，其充装率应大于其容量的 80%或小于 20%。草案为研究不同充液比对液罐车侧翻风险的影响，将不符合 JT/T 617.4 要求范围内的充液比也考虑在内，共考虑了 0.2、0.4、0.6 和 0.8 一共 4 种不同的充液比。罐内装载密度为  $1000 \text{ kg/m}^3$  的水来模拟罐体内液体货物的晃动对液罐车侧翻风险的影响。

#### 4、罐车行驶速度

由于液罐车运输液体货物，其自身重心相对较高，对车速的稳定性要求较高。因此，在进行液罐车道路运输时，必须遵守当地法律法规和交通管理要求，并根据具体情况合理控制车速。液罐车道路运输的车速限制因国家、地区、道路条件和具体运输品类而异。

不同国家或地区的法律法规对道路运输车辆的最高行驶速度有明确规定。这些规定通常根据道路类型（高速公路、普通公路、城市道路等）和车辆类型（危险品运输、货运、乘客运输等）进行分类，规定了不同类型的车辆行驶在不同道路上的最高车速。根据 JTG B01 《公路工程技术标准》中的规定，高速公路的设计速度不宜低于  $100 \text{ km/h}$ ，受地质、地形等条件限制时，可以选用  $80 \text{ km/h}$ ，经论证，高速公路的特殊困难局部路段的设计速度可选用  $60 \text{ km/h}$ ，但该路段长度不宜大于  $15 \text{ km}$ ，对货车车道的限速规定一般为  $60\text{-}100$

km/h。

对于运输危险品的罐车，可能存在额外的车速限制，以确保在紧急情况下能够更好地控制和响应。根据《危险货物道路运输安全管理 办法 2020》中的规定，危险货物运输车辆在高速公路行驶速度不得超过 80 km/h，在其他道路上行驶速度不得超过 60 km/h。

草案研究的是液罐车在易于发生事故的弯坡组合路段的液罐车的侧翻风险分析，故道路的设计速度选取高速公路的特殊困难局部路段的设计速度 60 km/h，道路限速选取 80 km/h。由于速度差异会导致液罐车在不同线性组合道路上的侧翻风险不一致，为了更好的探究不同的运行速度对于液罐车侧翻风险的影响程度，考虑了道路限速以内、道路设计时速 60 km/h 及其附近的五种车速，分别是 40 km/h、50 km/h、60 km/h、70 km/h、80 km/h。

## 5、道路条件

弯坡组合路段由于同时存在弯道和坡道，液罐车在行驶的过程中会受到离心力、重力分力等多种力的综合作用，从而显著增加液罐车的侧翻风险。为探究液罐车行驶在弯坡组合路段的侧翻风险，需要选取合适的弯坡组合路段来研究液罐车的侧翻风险。根据《公路项目安全性评价规范》中弯坡组合路段的界定标准，将圆曲线半径小于等于 1000 m，坡度大于 3%的路段定义为弯坡组合路段。在设计圆曲线路段时需要考虑圆曲线的半径、超高、纵坡坡度、路段长度及宽度以及路面附着系数。

根据 JTG D20-2006《公路路线设计规范》的规定，在条件受限制的情况下，圆曲线最小半径的大小可以选用略大于或接近“一般值”的数值；而在地形条件特殊且不得已时，圆曲线最小半径的大小可以采用“极限值”的数值。

在具体设计路段时，可以根据相应的设计速度选用圆曲线半径的最小值。草案研究的是液罐车行驶在易发生侧翻事故的弯坡组合路段，故在进行实验设计时的圆曲线半径选择大于设计速度 60 km/h 对应的最小半径极限值 125 m 且小于 1000 m 的数值。设计了 125 m 到 1000 m 范围内的不同圆曲线半径。

根据 JTG D20-2006 中的相关规定，当设计速度为 60 km/h 时，若圆曲线半径小于 1500 m，应在曲线上设置超高。超高的设置旨在通过调整路面横坡，抵消车辆在弯道行驶时产生的离心力，从而提高车辆的行驶稳定性。草案搭建的是弯坡组合路段，考虑的几种半径都小于 1500 m，且实验需要观察超高对液罐车侧翻风险的影响程度，故需要设置合适的超高值。

根据 JTG D20-2006 中对超高的要求，对于一般地区，正常情况下高速公路圆曲线最大超高采用 8%，交通组成中小客车比例高时可采用 10%；对于积雪冰冻地区，高速公路圆曲线部分的最大超高值规定为 6%，最小超高值应与该公路直线部分的正常路拱横坡度值一致，草案将与圆曲线衔接部分的直线路段的路拱横坡设置为 2%。另外，《高速公路设计指南》中规定，最大超高横坡宜控制在 6%以内。故草



案设计了小于最大超高值 6%，大于最小超高值 2% 以内的不同超高。

草案设计的道路设计速度为 60 km/h，且未考虑高原地区，故无需考虑最大纵坡的增加或折减。纵坡坡度选取大于弯坡组合路段规定的最小坡度 3% 且小于等于设计速度 60 km/h 对应的最大纵坡坡度 6% 的坡度值。由于上坡转弯时车速往往比较慢，离心作用小，而下坡转弯时车速较快，离心作用较大，车辆行驶在下坡处的弯坡组合路段时的侧翻风险要远高于上坡时的弯坡组合路段，草案只考虑了下坡路段时液罐车的侧翻风险，设计了坡度值介于 -3% 与 -6% 之间的不同道路纵坡。

表3 罐车仿真条件设置

因素 水平	充液比	车辆运行速度， km/h	弯道超高，%	道路纵坡坡 度，%	道路曲率，m	罐体标签
1	0.2	50	3	-3	130	罐体 1
2	0.4	60	4	-4	150	罐体 2
3	0.6	70	5	-5	200	罐体 3
4	0.8	80	6	-6	300	罐体 4

(4) 罐车侧翻风险的多元回归分析

设计高强度正交实验，通过 Trucksim 与 Simulink 联合仿真得到 1024 种运行工况下（货物充液比、车辆运行速度、弯道超高、道路纵坡坡度、道路曲率、罐体形状）的罐车轮胎横向载荷转移率 LTR。利用标准中的式（1）和式（2）将 LTR 转化为 RI。

1、运行速度与充液比对液罐车侧翻风险的影响

为了分析不同的运行速度及充液比对液罐车行驶在弯坡组合路段的侧翻风险的影响，考虑了与设计速度 60 km/h 相关的 5 种运行速度以及 3 种充液比。为了更直观的观察运行速度及充液比的变化对侧翻安全裕度的影响，选择罐体长短轴之比为 1.5 的液罐车，弯坡组合路段的弯道半径设置为 130 m，道路超高为 3%，道路坡度为 -3%。

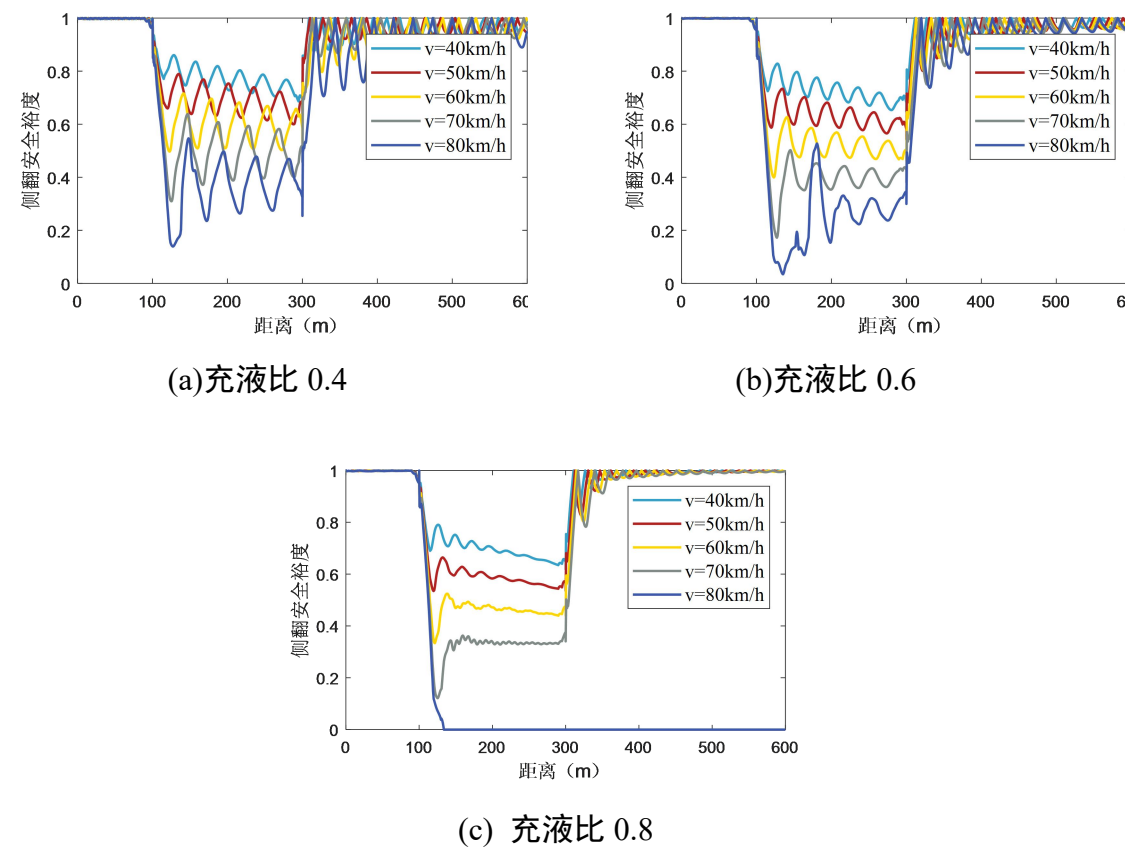


图 8 不同运行速度和冲液比对液罐车侧翻安全裕度的影响

## 2、罐体形状对液罐车侧翻风险的影响

为了分析不同的罐体形状对液罐车行驶在弯坡组合路段的侧翻风险的影响，考虑了罐体长短轴之比为 1、1.5、2 的三种罐体形状。为了更直观的观察罐体形状的变化对侧翻安全裕度的影响，对比了四种货物充液比下不同罐体形状

的侧翻安全裕度，将弯道半径设置为 130 m，道路超高设置为 6%，道路坡度设置为-3%，车辆的运行速度为 60 km/h。

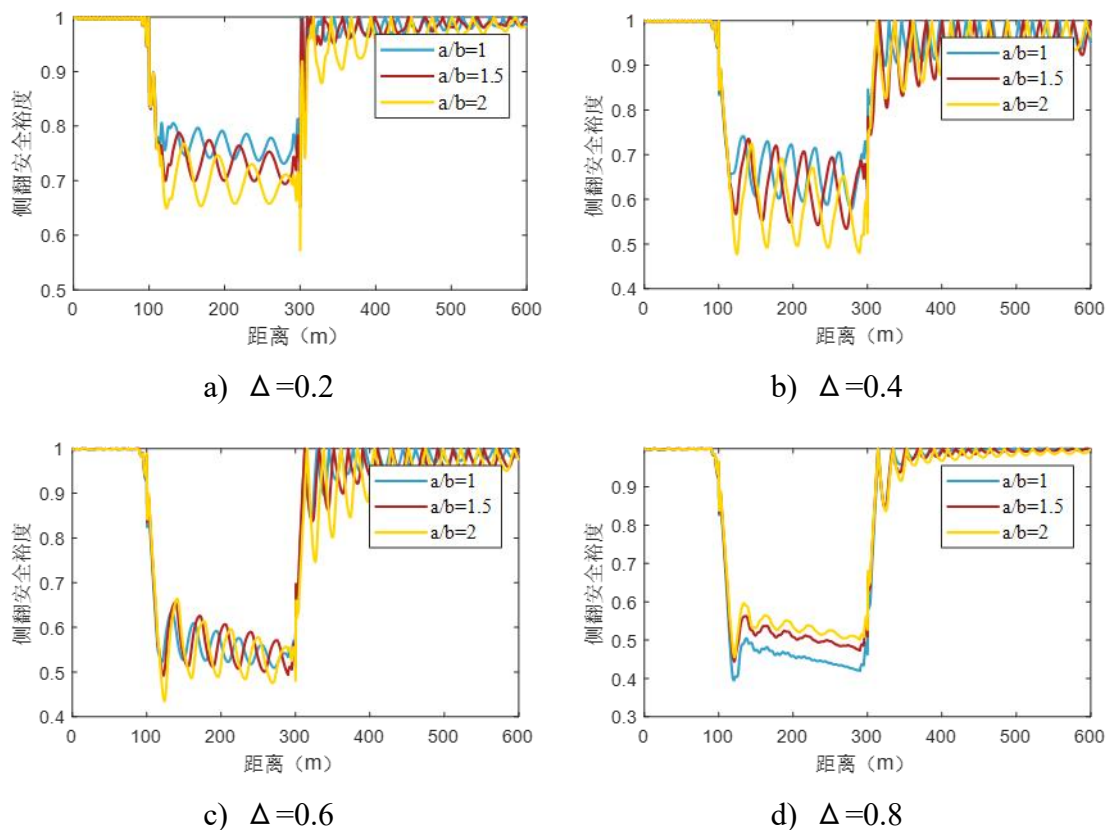


图 9 罐体形状对液罐车侧翻安全裕度的影响

### 3、弯道半径对罐车侧翻风险的影响

设计了 130 m、150 m、200 m、300 m、400 m、500 m 六种不同弯道半径的弯坡组合路段进行仿真实验。为了更直观的观察坡度变化对侧翻安全裕度的影响，将液罐车的充液比设置为 0.8，罐体长短轴之比设置为 1.5，弯道超高设置为 3%，纵坡坡度设置为-3%。

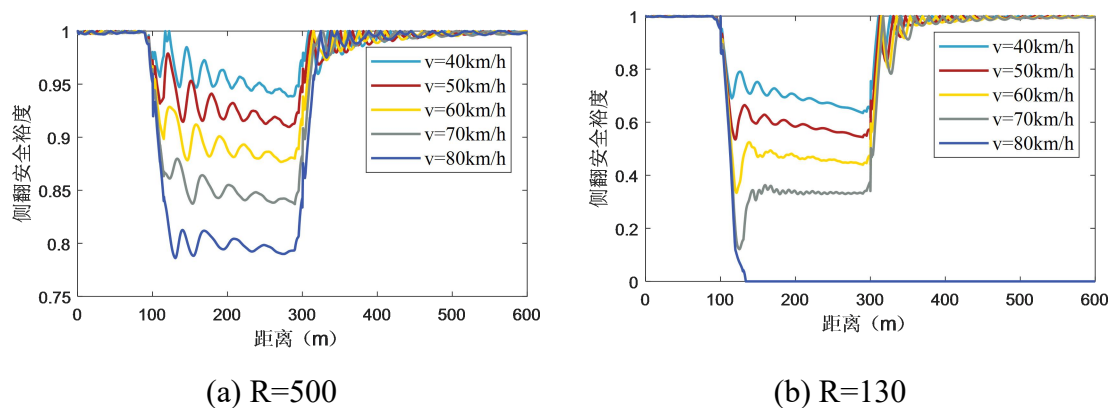


图 10 不同弯道半径对液罐车侧翻安全裕度的影响

#### 4、道路坡度对液罐车侧翻风险的影响

相比于行驶在上坡路段，液罐车行驶在下坡路段时更容易发生侧翻。为了深入研究道路坡度对液罐车在弯坡组合路段上行驶时的侧翻风险，根据相关标准中对弯坡组合路段纵坡坡度的要求，设计了-3%、-4%、-5%、-6%四种不同坡度的下坡路段以进行液罐车侧翻风险的仿真实验。为了更直观的观察坡度变化对液罐车侧翻风险的影响，选择罐体长短轴之比为 1.5 的液罐车，将液罐车的充液比设置为 0.8，弯道半径设置为 500 m，弯道超高为 3%。

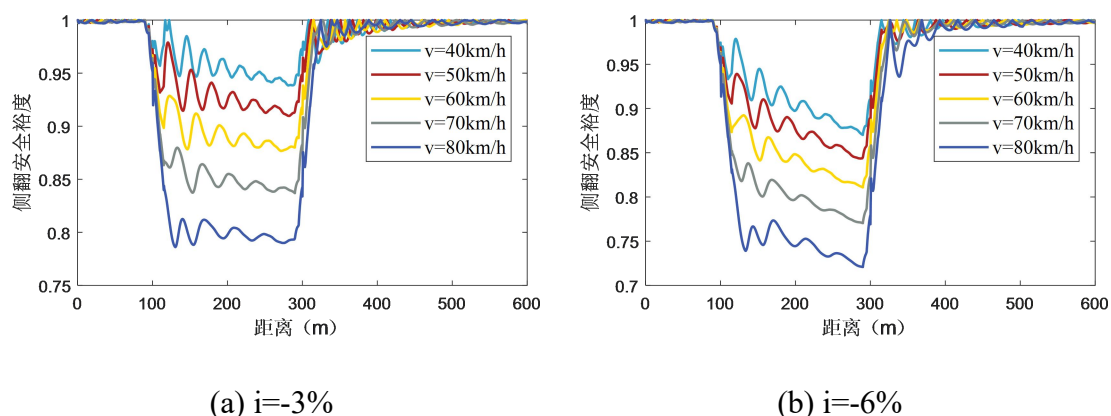


图 11 不同纵坡坡度对液罐车侧翻安全裕度的影响

#### 5、弯道超高对液罐车侧翻风险的影响

为了分析弯道超高对液罐车行驶在弯坡组合路段的侧翻风险的影响，结合相关标准的要求，本章节设计了超高值为 2%、3%、4%、5%、6% 五种不同弯道超高的弯坡组合路段进行仿真实验。为了更直观的观察坡度变化对侧翻安全裕度的影响，选择罐体长短轴之比为 1.5 的液罐车，货物充液比设置为 0.8，弯道半径设置为 130 m，纵坡坡度设置为 -3%。

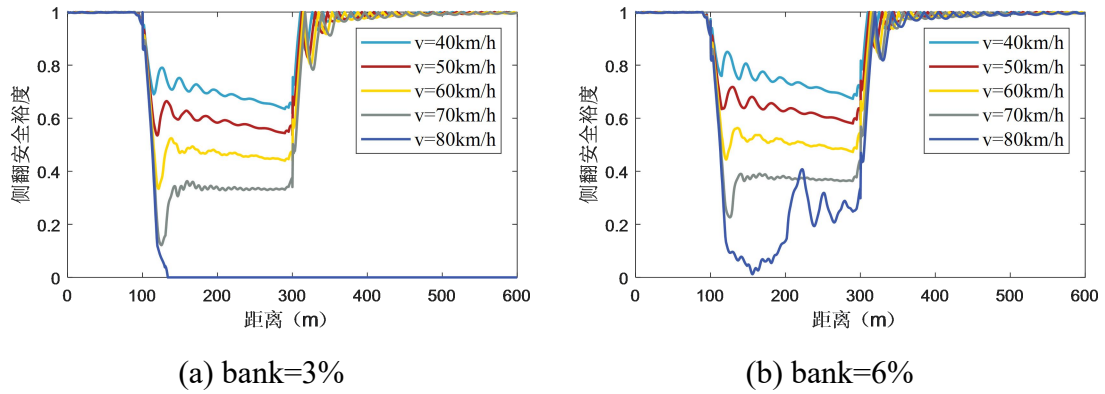


图 12 不同弯道超高对液罐车侧翻安全裕度的影响

对 1024 组仿真实验数据进行了正态性检验并利用皮尔逊相关系数检验了各自变量与因变量之间的线性相关关系，以此为基础对液罐车的侧翻风险进行多元线性回归分析，构建含有交互项的液罐车侧翻风险的多元线性回归模型并进行回归诊断。

基于仿真数据对罐车的侧翻风险进行多元线性回归分析，量化不同影响因素对罐车侧翻风险的影响程度。考虑变量间交互水平的多元线性回归模型的形式为：

$$\begin{aligned}
 RI = & \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 (x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) + \\
 & \beta_8 (x_1 - \bar{x}_1)(x_5 - \bar{x}_5) + \beta_9 (x_1 - \bar{x}_1)(x_6 - \bar{x}_6) + \beta_{10} (x_2 - \bar{x}_2)(x_5 - \bar{x}_5) + \\
 & \beta_{11} (x_2 - \bar{x}_2)(x_6 - \bar{x}_6) + \beta_{12} (x_4 - \bar{x}_4)(x_5 - \bar{x}_5) + \beta_{13} (x_5 - \bar{x}_5)(x_6 - \bar{x}_6) + \varepsilon
 \end{aligned} \quad (2)$$

式中， $x_1$  为充液比、 $x_2$  为车速、 $x_3$  为超高、 $x_4$  为纵坡坡度、 $x_5$

为弯道半径、 $x_6$  为罐体长短轴之比。

表 4 交互项中心化处理的液罐车侧翻风险的多元线性回归结果

指标	回归参数					
	未标准化系数		标准化系数		共线性统计	
	$\beta$	标准错误	B	t	p	VIF
常量	-0.108	0.012		-8.969	0.000	
$x_1$	0.363	0.005	0.431	67.272	0.000	1.000
$x_2$	0.009	0.000	0.511	79.677	0.000	1.000
$x_3$	-0.013	0.001	-0.076	-11.811	0.000	1.000
$x_4$	-0.034	0.001	-0.199	-31.109	0.000	1.000
$x_5$	-0.002	0.000	-0.634	-98.943	0.000	1.000
$x_6$	0.009	0.003	0.018	2.823	0.005	1.000
$(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)$	0.009	0.000	0.121	18.815	0.000	1.000
$(x_1 - \bar{x}_1)(x_5 - \bar{x}_5)$	-0.002	0.000	-0.138	-21.494	0.000	1.000
$(x_1 - \bar{x}_1)(x_6 - \bar{x}_6)$	-0.235	0.015	-0.103	-16.115	0.000	1.000
$(x_2 - \bar{x}_2)(x_5 - \bar{x}_5)$	-3.374×10-5	0.000	-0.132	-20.533	0.000	1.000
$(x_2 - \bar{x}_2)(x_6 - \bar{x}_6)$	0.000	0.000	-0.009	-1.465	0.143	1.000
$(x_4 - \bar{x}_4)(x_5 - \bar{x}_5)$	0.000	0.000	0.051	7.881	0.000	1.000
$(x_5 - \bar{x}_5)(x_6 - \bar{x}_6)$	5.355×10-5	0.000	0.007	1.078	0.281	1.000

模型拟合统计量			
标准估算的错误	0.039		
R2	0.959	调整后的 R2	0.958
F	1795.516	显著性	0.000

a. 因变量: y(侧翻风险指数)

从模型拟合统计量的统计结果来看，调整后的 R2 为 0.958，即模型能够解释侧翻风险指数 95.8% 的变化；F 检验值为 1795.516，对应的 P 值为 0，小于 0.05，说明回归模型整体是显著的，具有极高的可信度；从回归参数的统计结果来看，除了运行速度\*罐体形状以及弯道半径\*罐体形状这两项交互项外，其余各主效应项及交互项的系数 t 检验对应的 P 值均小于 0.05，即这些主效应项及交互作用项对侧翻风险指数的影响是显著的。且通过观察各回归系数的符号发现，所有主效应项回归系数的符号均与相关性检验的结果一致。

对交互项中心化处理的液罐车侧翻风险的多元线性回归模型进行的回归诊断如图 13 所示。分布在  $y=x$  直线附近，可以认为样本近似服从正态分布；从标准化残差散点图可以看出，标准化残差图较为均匀的分布在水平线附近，没有明显的聚集或规律，可以认为不存在异方差的情况。对模型的共线性问题进行检验：表 4 中的各项 VIF 值均为 1，小于 10，说明该模型不存在多重共线性问题。

总体来说，该多元线性回归模型不存在多重共线性问题，且拟合效果好，基本符合了线性假设，残差正态性和同方差性，并且没有发现明显的违背统计假设。

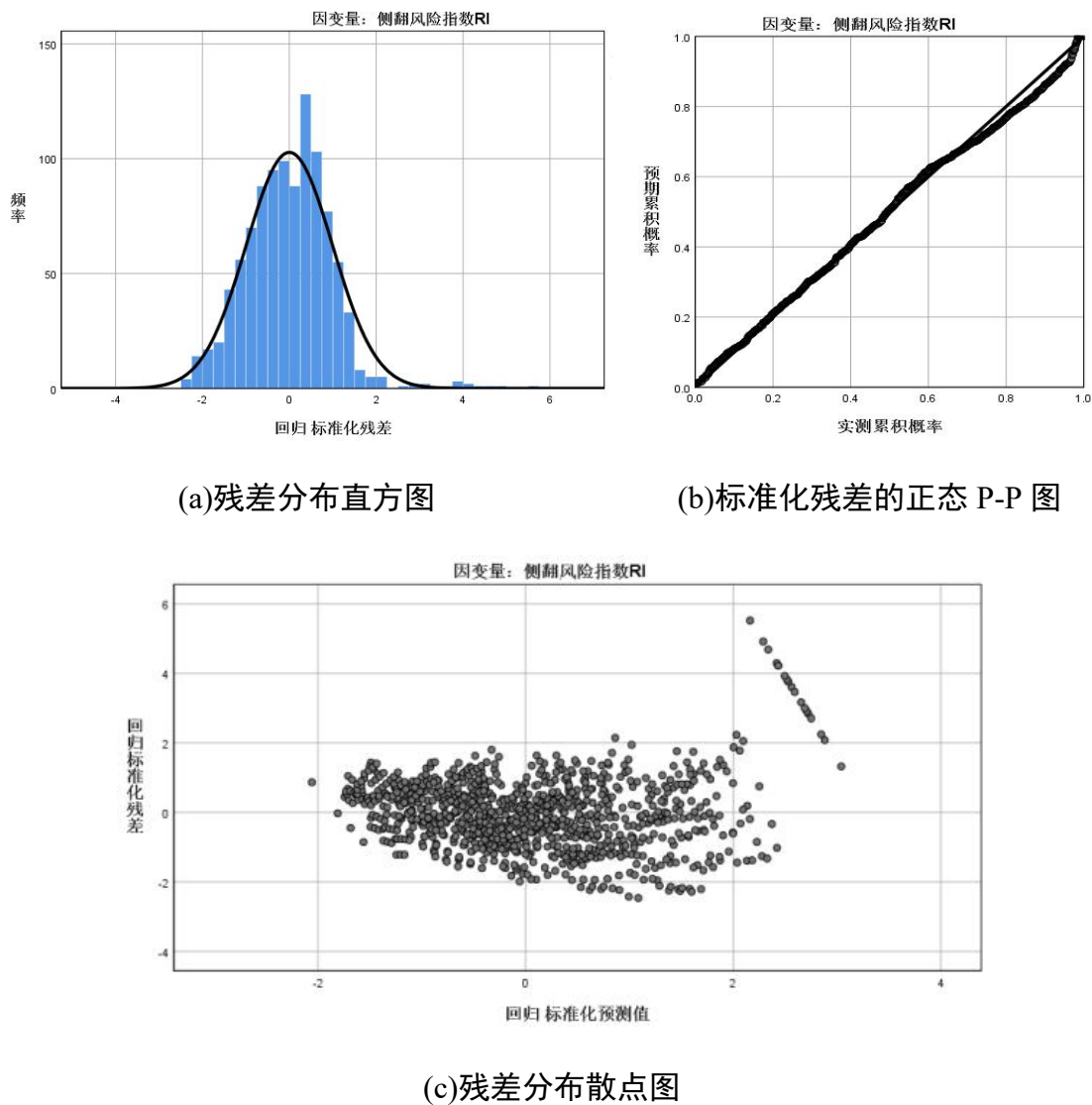


图 13 交互项中心化处理的液罐车侧翻风险多元线性回归模型的回归诊断

### 3. 驾驶员状态监测内容的确定依据

疲劳和分心是驾驶员不良状态中最常见且影响最大的两类。其中，以驾驶员头部姿态、接打手持电话和抽烟作为划分驾驶员分心等级的主要依据，是基于这些行为对驾驶安全的显著影响、可监测性以及相关法规和研究的支持；以闭眼和打哈欠作为划分驾驶员疲劳等级的主要依据，是基于这些行为与疲劳状态的强相关性、对驾驶安全的显著影响以及现代技术的可监测性。



GB/T 41797-2022《驾驶员注意力监测系统性能要求及试验方法》明确规定了驾驶员注意力监测系统需实时监测驾驶人闭眼、头部姿态异常、接打手持电话、打哈欠及抽烟 5 种行为，并针对上述行为设定了判定条件（见标准正文表 1）。

草案 5 中，将驾驶人不良状态划分为分心状态和疲劳状态两种，划分依据是分心状态和疲劳状态均影响驾驶人操纵车辆实现正常行驶，而分心状态和疲劳状态的外在表征都是体现在多种行为上（头部姿态、接打电话、抽烟、打哈欠等）。其中分心状态以驾驶员头部姿态、接打手持电话、抽烟 3 种行为的频次和程度为划分为轻度分心、中度分心、重度分心三级；疲劳状态应以闭眼、打哈欠 3 种行为的频次和程度划分为轻度疲劳、中度疲劳、重度疲劳三级。

综上，GB/T 41797-2022《驾驶员注意力监测系统性能要求及试验方法》中规定了驾驶人 5 种注意力不集中在驾驶任务中的行为，而草案 5 是在 GB/T 41797-2022 定义的 5 种注意力不集中行为的基础上规定了分心状态和疲劳状态两种影响驾驶任务执行的不良状态。

#### 4. 罐车运行风险水平的确定依据

驾驶员状态直接影响车辆的操作稳定性和应急反应能力，良好的驾驶员状态能够有效降低车辆侧翻风险，而驾驶员状态不良则会加剧风险。

车辆侧翻风险等级反映了道路条件和车辆运行状态的客观风险水平，是评估安全性的重要依据。

驾驶员状态风险与车辆侧翻风险高的叠加会显著增加

事故发生的可能性，因此利用驾驶员状态等级与车辆侧翻风险等级的及风险叠加效应，确定罐车运行安全评估矩阵。

#### 四、试验验证的分析、综述报告，预期的经济、社会和生态效益

##### （一）试验验证的分析与综述

本标准草案的编制，立足于对道路液体罐式车辆安全问题的系统性研究。编制组综合运用了实践调研、仿真测试与理论分析等多种方法，对所涉及的技术体系进行了深入的论证与验证。通过贯穿“需求端-技术端-应用端”的全链条分析，全面评估了本标准在科学性、先进性与工程适配性上的完备性，为标准的实施奠定了坚实的技术基础。

##### 1、问题识别与现状调研：确立安全风险核心

在调研阶段，编制组对液体罐式车辆的事故特征进行了系统性梳理。研究发现，相较于普通载货汽车，罐车的行驶稳定性（尤其是侧倾稳定性）与制动性能存在显著劣势。具体表现为：

高危路段事故集中：在弯坡组合、视野受限等复杂路段，罐车的侧翻、追尾及冲出路面事故比例远高于普通货车。

核心风险明确：数据清晰地指向，车辆失稳（特别是侧翻）是罐车运输中最突出、后果最严重的安全风险，这为本标准的核心监控目标提供了直接依据。

##### 2、核心影响因素溯源：构建“人-车-路”多维分析框架

为探究罐车稳定性差的根本原因，编制组通过企业走访、从业人员访谈、监管部门咨询及文献研究，从“人-车-路”

三个维度进行了溯源分析：

驾驶人因素：疲劳、分心等不良驾驶状态是主要诱因，直接导致超速行驶、弯道过急、对突发状况反应滞后等危险驾驶行为。

车辆自身因素：罐体结构、货物充装率等决定了整车的质心高度与质量分布；非满载状态下，液体的晃动效应（液体冲击）是导致车辆动态失稳的关键内在因素。

道路环境因素：急弯、陡坡等道路线形和低附着系数等路面条件是诱发车辆失稳的外部触发条件。

### 3、关键机理研究与模型构建：量化风险影响程度

基于上述影响因素，编制组开展了深入的机理研究，旨在将定性认知转化为定量分析。

通过液体冲击动力学仿真，创造性地构建了非满载罐体内液体晃动的等效机械模型。该模型成功将复杂的“流-固耦合”问题简化为纯机械系统动力学问题，极大地降低了求解复杂度，为工程应用提供了可能。

在此基础上，集成了高精度的罐车整车动力学模型。通过 **Trucksim & Simulink** 的联合仿真，验证了模型的准确性与有效性，并首次实现了对“人-车-路”各因素如何影响车辆侧翻稳定性的精准量化。

### 4、标准应用路径与技术验证：确立“双核心”监控策略

本标准的核心应用价值，在于将上述机理研究的成果转化为可执行、可评价的技术要求。

### （1）确立双核心监控策略

基于仿真验证结果，本标准确立了“驾驶人状态监控”与“车辆侧翻稳定性监控”并行的双核心安全监控策略。

### （2）阐明内在逻辑关联

之所以将驾驶人状态监控置于与车辆稳定性监控同等重要的地位，是因为机理研究证实：驾驶人的疲劳、分心等状态，会直接劣化其操控行为（如转向过猛、制动滞后），进而急剧增加车辆在临界工况下的侧翻风险。因此，对驾驶人状态的监控，本质上是从事故源头——“人”，对车辆运行安全进行前置性、预测性的干预。

### （3）实现风险动态刻画

通过实时监测驾驶人的生理心理状态和车辆的侧翻稳定性指标，本标准能够动态、定量地刻画运输任务执行过程中的实时风险水平，为主动安全预警和风险管理提供科学依据。

## （二）预期的经济、社会和生态效益

本标准的实施，将通过对“人-车”风险因素的精准管控，构建起一道坚实的安全防线，其预期效益深远。

### 1、预期社会效益

（1）降低重特大事故发生率，保障公共安全。本标准能有效预防因驾驶员失能或车辆失稳导致的侧翻、泄漏等恶性事故。这不仅直接保护了驾驶员的生命安全，更避免了危险品泄漏对周边环境、公共设施和民众生活造成的潜在威胁，是维护社会稳定和公共安全的重要技术屏障。

（2）推动安全管理模式变革，实现“被动响应”向“主动预防”转变。本标准引领行业将安全管理的关口前移，实现了对风险的“事前预警、事中干预、事后追溯”，从根本上提升了整个道路运输行业的本质安全水平。

（3）强化行业安全监管能力，构建高效协同的治理体系。借助标准化的数据接口，为行业主管部门提供了统一、量化的监管标尺。

## 2、预期经济效益

（1）降低直接与间接经济损失，提升企业盈利能力.事故的减少意味着车辆损毁、货物损失、生产中断、高额赔偿及罚款等直接成本的降低。同时，良好的安全记录能降低企业的保险费率，提升品牌信誉，从而带来更强的市场竞争力和更高的盈利能力。

（2）驱动产业技术升级，催生新的市场增长点。本标准将引导车辆制造、车载智能终端、通信服务、软件平台等相关产业链进行协同创新与技术研发。这将催生一批符合高标准的安全产品和服务，形成一个围绕“罐车智能安全”的良性产业生态，提升我国在相关领域的核心竞争力。

（3）优化资源配置效率，促进数据要素价值化.标准实施所产生的大量实时运行数据，是极具价值的生产要素。运输企业可利用这些数据进行驾驶员的精准培训与考核，优化排班与线路规划。长远来看，这些数据还能为金融保险（如UBI车险）、风险评估等机构提供决策支持，开辟数据服务的新商业模式，实现数据价值的最大化。

## 五、与现行有关法律、行政法规和其他标准的关系

### （一）国内相关标准

目前国内对道路运输液体危险货物罐式车辆的标准包括国家标准、行业标准和地方标准。其中，国家标准约有 20 余项，行业标准约有 5 项，地方标准约有 10 余项。主要的国家标准、行业标准和地方标准包括：

#### 1. 国家标准

- （1）GB/T 39652.1-2021 危险货物运输应急救援指南
- （2）GB18564-2019 道路运输液体危险货物罐式车辆
- （3）GB 19434-2009 危险货物中型散装容器检验安全规范
- （4）GB 19269-2009 公路运输危险货物包装检验安全规范
- （5）GB/T 19905-2017 液化气体汽车罐车
- （6）GB 20300-2018 道路运输爆炸品和剧毒化学品车辆安全技术条件
- （7）GB 21668 危险货物运输车辆结构要求
- （8）GB 13392 道路运输危险货物车辆标志
- （9）GB 150-2011 钢制压力容器
- （10）GB/T 19905-2005 液化气体运输车

#### 2. 行业标准

- （1）JT/T 1285-2020 危险货物道路运输营运车辆安全技术条件
- （2）JT/T 617-2018 危险货物道路运输规则

(3) JB/T 6898-2015 低温液体贮运设备使用安全规则

### 3.地方标准

(1) DB32T 3937-2020 危险货物道路运输行业安全监督检查规范

(2) DB41T 1486-2017 汽车罐车和罐式集装箱定期检验规范

(3) DB 32/T 3255-2017 液氯汽车罐车、罐式集装箱卸载安全技术要求

### (二) 已有标准的分类

根据标准的规范对象、规范内容和归口单位，已有的标准主要可分为三类：

标准的规范对象为压力容器或罐体，规范内容多为罐体的性能要求、检查标准、使用安全规则、设备检修、安全防护、危险事件处理要求等；还涉及罐体内部的防波板、人孔、货物装卸设备或孔的设置等。归口单位包括全国危险化学品管理标准化技术委员会、全国气体分析与液化设备标准化技术委员会、全国流量容量计量技术委员会、中华人民共和国工业和信息化部、全国锅炉压力容器标准化技术委员会等。

标准的规范对象为道路运输罐式车辆，规范内容多为罐体在车用底盘上的安装要求、检验要求；汽车罐车的材料、设计、制造、标志标识、出厂文件；危险货物运输事故救援处置行动的要求；车辆罐体的清洗要求等。归口单位多为锅炉压力容器安全检测研究院、全国锅炉压力容器标准化技术委员会、全国危险化学品管理标准化技术委员会、地方市场

监督管理局等。

标准的规范对象为道路运输罐式车辆，规范内容为罐车在道路运输过程中应满足的安全技术要求，包括整车装载要求、导航/主动安全系统/警示设备配置要求、制动/侧倾稳定性要求等；罐式车辆运输企业安全检查的各项要求。归口单位为全国道路运输标准化技术委员会、地方交通运输主管部门等。

### （三）已有标准与本文件的关系

跟道路运输液体罐式车辆相关的三类标准中，第1类和第2类标准主要是对罐体和罐车的设计、制造、使用等；对罐体在罐车上的安装、布置等；对液体货物的装卸和防护等；从危险化学品化学性质的角度对罐车事故后的处置等做出相关规定和要求。此两类标准并不涉及罐式车辆作为道路交通运输工具的装载、使用、安全运行技术保障、事故应急处置等方面，与本文件的关系为一般相关。

跟道路运输液体罐式车辆相关的三类标准中，第3类标准是从罐式车辆道路交通运输工具的角度，规范车辆在运输过程中的安全运行技术要求，与本文件的关系为密切相关。本文件将罐车看作有区别于普通载货车辆的显著特点的道路运输车辆，为了保障罐车的行驶安全，从罐车和普通载货车辆在货物性质上的差异入手、从非满载罐体内液体冲击主要影响因素的变化范围入手、从非满载罐体内的液体冲击对罐式车辆制动性能和转向性能的负面影响入手，对罐式车辆的车辆运行状态、车辆运行监测、运营企业或人员的安全驾



驶等级评定等方面提出规范性要求。

与本文件有密切相关关系的标准包括 **GB7258-2017**《机动车安全运行技术条件》和 **JT/T 1285-2020**《危险货物道路运输营运车辆安全技术条件》。

**GB7258-2017**《机动车安全运行技术条件》由公安部交通管理科学研究所、交通运输部公路科学研究院、中国汽车技术研究中心负责起草，归口单位为中华人民共和国公安部。标准规定了机动车的整车及主要总成、安全防护装置等有关运行安全的基本技术要求。标准适用于在我国道路上行驶的所有机动车。

**JT/T 1285-2020**《危险货物道路运输营运车辆安全技术条件》由交通运输部公路科学研究院、北京中公高远汽车试验有限公司、中国重型汽车集团有限公司、东风商用车技术中心等参加起草，由全国道路运输标准化技术委员会归口。标准规定了危险货物道路运输营运车辆的分类以及基本要求、一般要求、特殊要求等安全技术要求和试验方法。标准适用于从事危险货物道路运输的 **N** 类车辆、**O** 类半挂车、半挂牵引车与半挂车组成的半挂汽车列车等营运车辆。

通过上述两项密切相关标准的描述可知：

**GB7258-2017**《机动车安全运行技术条件》是针对道路上行驶的所有机动车所制定的一般性标准，是范围内的全部机动车都应该满足的最低标准。罐车作为道路行驶机动车中的一员，首先必须满足该标准。但该标准中并未对罐车与普通机动车的差异做出考量，也并未对其做出特有的规定。

JT/T 1285-2020《危险货物道路运输营运车辆安全技术条件》是针对危险货物道路运输车辆的安全运营所作出的基本涉及全方面的一般性标准。该标准可认为是单独面向危险货物道路运输车辆的 GB7258-2017《机动车安全运行技术条件》。同理，该标准中也未对罐车的运输性能和运输安全保障的特殊性做出考量，也并未对其做出特有的规定。

因此，本标准与已有两个密切相关标准的关系可概括为：

GB7258-2017《机动车安全运行技术条件》是所有道路行驶机动车》，包括罐式营运车辆，所应满足的最低标准；JT/T 1285-2020《危险货物道路运输营运车辆安全技术条件》是罐车作为一种特殊的营运车辆所应满足的最低标准。

本文件是针对罐车的驾驶员状态动态监测、车辆运行状态动态监测、罐车运营安全评价所提出的专门性、具体指向性标准。

## **六、重大分歧意见的处理意见及其依据**

本文件无重大分歧意见。

## **七、公平竞争审查结论**

按照《公平竞争审查条例》（中华人民共和国国务院令 第 783 号）《公平竞争审查条例实施办法》（国家市场监督管理总局令 第 99 号）《山东省市场监督管理局关于山东省地方标准起草中开展公平竞争审查的通知》和《公平竞争审查制度实施细则》规定的审查程序和标准要求，通过山东省交通运输厅网站向社会公开征集本标准公平竞争审查意见。

## **八、实施地方标准的要求，以及组织措施、技术措施、**

## 过渡期和实施日期的建议等措施建议

液体/液化气体道路运输企业、道路运输监管单位是本文件实施的主体。为确保其准确理解、掌握和执行本文件，本文件发布后将向实施主体进行推广和宣贯，设置标准宣贯培训小组，建立标准宣贯培训工作机制，通过组织技术交流会、宣贯会方式，加强标准的宣传交流，促进标准的贯彻落实。

建议过渡期设置为 6 个月。标准发布后将向标准实施主体进行推广和宣贯，推动标准的落地实施，预计此项工作需要 6 个月时间。

## 九、涉及专利的有关说明

本标准在编制过程中，未引用或采用任何受专利保护的技术内容。

## 十、其他需要说明的内容

2024 年 12 月草案初稿审查时，草案名称为：道路运输液体罐式车辆安全运营动态监控及评价要求。审查专家通过评估草案的核心内容，认为草案名称存在不妥，原因有三方面：

1、车辆安全运营的实际覆盖范围很大，既包括行驶过程，也包括行驶前的准备过程、行驶后的管理维修过程和车辆日常的保养维修等过程。而草案只是对车辆行驶过程进行状态采集和评估，使用“运营”描述欠妥当，应使用“运行”进行描述。

2、草案名称使用“动态监控”存在不妥。动态监控已经有了约定俗称的认知，它是在动态监测的基础上，增加实

时管理、控制和干预能力，确保目标符合预设规则或安全阈值。动态监控的核心是“管理”和“干预”，强调对过程的主动控制。

而草案的重点是对驾驶人状态和道路运输液体罐式车辆的行驶侧翻风险进行动态监测，重点是通过传感器、设备或系统实时采集、记录和分析目标对象的状态、行为或环境数据的过程。它的核心是“感知”和“记录”，强调对变化的观察和量化。因此，应将“动态监控”替换为“动态监测”。

3、草案重点是通过驾驶人不良状态的监测和道路运输液体罐式车辆行驶侧翻风险的监测对车辆安全运行进行评价，将弯坡组合路段的罐车运行安全评价分为 I（安全）、II（较安全）、III（一般风险）、IV（较危险）、V（极危险）5 个等级。草案的重点在于评价技术。因此，建议在草案名称中增加“技术”二字。

综合专家审查意见、“动态监测”与“动态监控”的区别、“运营”和“运行”的区别，草案名称修改为：道路运输液体罐式车辆安全运行动态监测及评价技术要求。

提出部门：山东省交通运输厅

（盖章）

2025 年 12 月