虚拟现实智能型汽车驾驶培训模拟训练
技术规范

Technical specification for virtual reality intelligent automobile driving training
simulation training

征求意见稿

2023-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

目 次

前言.....	I
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本构成及系统组成.....	2
5 教育培训课程.....	3
6 培训数据采集与智能评价.....	5
7 系统安全.....	9
8 入场检验.....	9
附录 A（规范性）防御性驾驶、地域交通训练课程的内容、功能和驾驶视景要点.....	10
附录 B（规范性）驾驶操作技能的宏观结果性评价内容和评价指标要点.....	15
附录 C（资料性）驾驶操作技能的微观过程性评价指标要点和评价方法.....	18
附录 D（资料性）驾驶安全意识评价方法和评价指标要点.....	21
参考文献.....	23

前 言

本文件按照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》的规定起草。

本文件不涉及任何专利。

本文件由北京市交通委员会提出并归口。

本文件由北京市交通委员会组织实施。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

虚拟现实智能型汽车驾驶培训模拟训练技术规范

1 范围

本文件规定了虚拟现实智能型汽车驾驶培训模拟训练系统(以下简称:VR智能汽车模拟训练系统)的基本构成及系统组成、教育培训课程、培训数据采集与智能评价、系统安全和入场检验。

本文件适用于动感型汽车驾驶培训模拟器(以下简称:驾驶模拟器),并使用虚拟现实头戴式显示设备(以下简称:VR头显设备)作为驾驶视景系统,开展小型客车智能驾驶培训模拟训练的课程内容开发和设计,以及培训过程数据分析和训练效果评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 5768.2 道路交通标志和标线 第2部分:道路交通标志
- GB 5768.6 道路交通标志和标线 第6部分:铁路道口
- GB/T 20271 信息安全技术 信息系统通用安全技术要求
- GB/T 20273 信息安全技术 数据库管理系统安全技术要求
- GB/T 30341 机动车驾驶员培训教练场技术要求
- GA 1026 机动车驾驶人考试内容和办法
- JT/T 378 汽车驾驶培训模拟器
- JT/T 915 机动车驾驶员安全驾驶技能培训要求
- JT/T 1302.1 机动车驾驶员计时培训系统 第1部分:计时终端技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

虚拟现实智能型汽车驾驶培训模拟训练系统 virtual reality intelligent automobile driving training simulation system

具有汽车驾驶操作教育、培训和虚拟现实显示、交互功能的系统,能实现驾驶行为信息智能采集、分析、评价、反馈,360度驾驶场景高精度全景实时输出,驾驶人操作与整体座舱依据虚拟场景实时动感反馈。

3.2

动感型汽车驾驶培训模拟器 dynamic automobile driving training simulator

驾驶视景和动感模拟相匹配且均跟随模拟驾驶操作而变化的具有汽车驾驶操作功能的教学、培训仿真设备。

[来源：JT/T 378-2022，3.1]

3.3

虚拟现实头戴式显示设备 virtual reality head-mounted display device

佩戴在头部并提供虚拟现实感觉和体验的显示设备。

[来源：GB/T 38259-2019，3.2]

4 基本构成及系统组成

4.1 基本构成

4.1.1 VR 智能汽车模拟训练系统包括硬件设备和软件系统。

4.1.2 硬件设备应具备驾驶模拟器和 VR 头显设备。驾驶模拟器应具备驾驶座舱系统和动感模拟装置等系统，且应符合 JT/T 378 中动感型（III型）模拟器的部件要求。VR 头显设备应符合 JT/T 378 中对于虚拟现实头戴式显示设备的部件要求。

4.1.3 软件系统应具备虚拟场景子系统和教育培训子系统。虚拟场景子系统应具备道路交通、车辆动力学、真实物理、天气环境、信号通讯、语音交互及场景导航等用于搭建模拟驾驶训练环境的系统；教育培训子系统应具备事件模拟、眼动追踪、事故回放、行为养成、教学管理等用于采集、分析、评估和反馈用户训练信息的系统。

4.2 系统组成

4.2.1 道路交通系统

道路交通系统是生成具有智能行为的交通参与者（主要包括机动车、非机动车和行人），并模拟交通信号灯控制的系统，应具备基础模型库、地图数据模块、交通信号灯模块、车辆生成和行为控制模块、非机动车生成和行为控制模块、行人生成和行为控制模块、仿真引擎模块及交通流调度模块，实现道路交通场景的快速搭建以及交通流的智能模拟。

4.2.2 车辆动力学系统

车辆动力学系统是专门模拟车辆行驶和驾驶过程的系统，应具备车辆建模模块、车辆运动模拟模块、动力学计算模块、驾驶控制模块、环境特性模拟模块、模型和参数调整模块，精准模拟车辆行驶情况和驾驶操作行为。

4.2.3 真实物理系统

真实物理系统是模拟现实世界中物体的物理行为和相互作用的系统，应具备物体建模模块、物体运动模拟模块、碰撞检测模块、碰撞响应模块、关节和约束模块及动力学模拟模块，真实还原现实物体的物理行为。

4.2.4 天气环境系统

天气环境系统是模拟不同天气条件对车辆驾驶体验的影响的系统，应具备天气模型模块、实时渲染模块、粒子生成模块、物理引擎模块及声音效果模块，模拟不同的天气条件。

4.2.5 信号通讯系统

信号通讯系统是模拟训练系统与驾驶模拟器硬件设备信号传输的系统，应具备信号数据接收系统、信号数据解析模块及信号数据适配模块，实现驾驶模拟器上传信号的接收、解析处理和适配。

4.2.6 语音交互系统

语音交互系统是实现用户与虚拟世界之间的语音交流的系统，应具备语音识别模块、文本处理与理解模块、对话管理模块、语音合成模块、语音效果处理模块及语音命令操作模块，实现用户与虚拟世界之间的语音交流。

4.2.7 场景导航系统

场景导航系统是帮助用户确定位置、规划路线并提供导航功能的系统，应具备地图数据模块、定位模块、路径规划模块、路径显示模块及语音播报模块，实现定位当前位置和选择目的地的功能，并以图形及语音的形式实现车辆行驶路径规划和实时引导。

4.2.8 事件模拟系统

事件模拟系统是根据道路数据产生模拟突发事件的系统，应具备车辆追踪模块、事故模拟事件库、道路数据分析模块、车辆生成和行为控制模块、非机动车生成和行为控制模块、行人生成和行为控制模块，实现突发事件的随机生成，训练和检验用户的潜在风险感知和突发情况应急处置能力。

4.2.9 眼动追踪系统

眼动追踪系统是用于捕捉和记录人眼运动轨迹的技术系统，应具备眼动仪模块、数据采集和分析模块、校准和验证模块及数据可视化模块，实现用户眼动行为数据的记录和分析。

4.2.10 事故回放系统

事故回放模块是当发生交通事故或碰撞时，系统能够自动回放事故前驾驶信息的系统，应具备数据记录模块、事故检测模块、事故回放模块及事故分析系统，帮助用户了解事故发生的过程和原因。

4.2.11 行为养成系统

行为养成系统是通过监测和评估驾驶行为，帮助用户培养良好的驾驶习惯和提升驾驶安全水平的系统，应具备驾驶行为和车辆运行数据采集模块，驾驶行为、车辆运行和眼动行为数据分析和评估模块、实时提醒及报表统计模块，实现驾驶操作技能和驾驶安全意识的分析和评价，并提供定制化的反馈。

4.2.12 教学管理系统

教学管理系统是进行教学课程内容分配和管理的系统，应具备课程库、能力评估模块、学习资源与辅助工具模块、报告与反馈模块，提供个性化的驾驶学习课程，并实时跟踪和管理学习进度。

5 教育培训课程

5.1 课程设置

5.1.1 VR 智能汽车模拟训练系统课程中应预装基础驾驶训练、场地驾驶训练、一般道路训练、恶劣气象和复杂道路条件下的驾驶训练、山区道路驾驶训练、高速公路驾驶训练、紧急情况应急处置能力训练教学课程，课程教学内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点应符合 JT/T 378 的要求。

5.1.2 VR 智能汽车模拟训练系统课程中应预装防御性驾驶训练和符合地域交通特征专项训练的教学课程,课程教学内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点应符合本标准规定附录 A 要求。

5.2 课程开发

5.2.1 实景要素获取

5.2.1.1 车辆信息

车辆信息采集应包含车辆外观、内饰、仪表盘、变速器操纵装置、驻车制动操纵装置、后视镜、转向盘等的参数和图像。

5.2.1.2 封闭场地场景信息

封闭场地场景信息采集应包含场地内环境的参数和图像。

5.2.1.3 开放道路场景信息

开放道路场景信息采集应包含训练路线,从起点到终点整个路段内的道路标线、标志、建筑、绿化等场景的参数和图像。

5.2.2 模拟场景搭建

5.2.2.1 模型制作

模型制作应满足以下要求:

- a) 车辆和场景的模型制作应按照实景采集的信息进行制作,确保与实景物体在尺寸和形状上保持一致;
- b) 车辆车体长宽高、转向盘、轮胎尺寸等车辆模型的重要操作部件的误差不能超过1cm,其他部件(如座椅等)的误差不能超过3cm;
- c) 场景中的交通标志标线应符合GB 5768.2的要求,其他模型按照实物尺寸及驾驶视角观察距离决定;
- d) 材质制作应按照实景采集到的颜色,光泽度,平滑度、粗糙度等属性信息进行绘制;
- e) 贴图精度要求在6平方米内的贴图像素小于4096×4096,模型面数要求单个物体模型小于3万三角面,单个场景面数小于500万三角面。

5.2.2.2 实时渲染

模拟场景应通过实时光对场景进行真实的环境氛围照明或制作成同样真实的环境灯光效果。

5.3 课程体验

5.3.1 课程内容

5.3.1.1 事件布置

课程内容应减少连续事件的发生,宜将课程内容中需要短时间内发生的事件放置在视线范围内,减少用户头部的快速运动(转动或移动)。

5.3.1.2 音频设置

音频设备应放置在对象物体上,由用户的头部位置来决定声音的方向。

5.3.1.3 虚拟相机运动

虚拟相机运动应满足以下要求：

- a) 虚拟相机应减少加速运动（前、后、左、右、放大、缩小和转弯），并保持相机的移动速度恒定；
- b) 虚拟相机的移动应与用户头部的移动保持一致；
- c) 在VR智能汽车模拟训练系统培训中，从一个点移动到另一个点时，应使用瞬间传送方法，并在场景/视角切换过程中使屏幕短暂变暗，然后返回到正常亮度。

5.3.1.4 场景复杂度

模拟场景应降低背景复杂度（纹理、空间频率等）和画面色彩的高对比度。

5.3.1.5 驾驶视景

驾驶视景应符合JT/T 378中对于示范教学、视景画面、交通环境声音模拟、语音指导与语音识别、危险驾驶行为检测与提示的功能要求。

5.3.2 硬件设备

5.3.2.1 延迟

视觉输入与运动输出传输延迟应低于150ms，网络输入输出延迟应低于20ms，运动处理延迟应低于20ms，图像渲染延迟应低于20ms，图像显示延迟应低于20ms。

5.3.2.2 帧率

图像帧率应不低于30fps，图形帧率应不低于60fps，屏幕刷新率应不低于90fps。

5.3.2.3 分辨率

VR头显设备屏幕的双眼分辨率应不低于4K。

5.3.2.4 驾驶操作

驾驶操作中起动、熄火、离合、转向、行车制动、驻车制动、加减速、换挡、鸣喇叭、刮雨器刮动、照明和信号灯光变化应符合JT/T 378中的功能要求。

5.3.2.5 模拟动感

模拟动感运动和动感响应时间应符合JT/T 378中的功能要求。

6 培训数据采集与智能评价

6.1 数据采集

采集的数据应包括培训基础数据、驾驶行为数据和车辆运行数据。

6.2 数据采集要求

6.2.1 基础数据

基础数据采集应包括培训机构编号、学员姓名及学员编号等基本信息，采集字段及类型应符合表1。

表 1 VR 智能汽车模拟训练系统基础数据采集要求

序号	字段名称	类型	字段说明	字段长度	数据范围
1	培训机构编号	字符型	驾培机构编号	16	-
2	学员姓名	字符型	-	32	2~16个汉字
3	学员年龄	字符型	-	2	18~70
4	学员编号	字符型	学员统一编号	16	-
5	教练员编号	字符型	教练员编号	16	-
6	模拟系统编号	浮点型	模拟终端统一编号	16	-
7	培训科目名称	浮点型	课程编码	10	-

6.2.2 驾驶行为数据

驾驶行为数据应包括驾驶人眼动、车辆制动踏板、离合踏板、加速踏板、转向盘的操作情况等数据，采集字段及类型应符合表2。

表 2 VR 智能汽车模拟训练系统驾驶行为数据采集要求

序号	字段名称	类型	字段说明	字段长度	数据范围
1	学员头部位置信息_X	浮点型	-	20	-
2	学员头部位置信息_Y	浮点型	学员头部与车辆的相对坐标，单位：米，精度精确到小数点后6位。	20	-
3	学员头部位置信息_Z	浮点型		20	-
4	学员头部方向信息_X	浮点型		学员头部相对车辆朝向的单位向量坐标，x 朝向车辆正前方，z 朝向车辆正左侧方，精度精确到小数点后6位。	20
5	学员头部方向信息_Y	浮点型	20		-
6	学员头部方向信息_Z	浮点型	20		-

表 2 VR 智能汽车模拟训练系统驾驶行为数据采集要求（续）

序号	字段名称	类型	字段说明	字段长度	数据范围
7	学员注视信息_X	浮点型	学员眼球注视相对车辆朝向的单位向量坐标, x 朝向车辆正前方, z 朝向车辆正左侧方, 精度精确到小数点后 6 位.	20	-
8	学员注视信息_Y	浮点型		20	-
9	学员注视信息_Z	浮点型		20	-
10	制动踏板开度	浮点型	-	20	0~1
11	离合踏板开度	浮点型	-	20	0~1
12	加速踏板开度	浮点型	-	20	0~1
13	转向盘转角	浮点型	-	20	-540~540

6.2.3 车辆运行数据

车辆运行数据应采集模拟系统中的车辆运动特征数据, 包括: 位置、发动机转速、速度、加速度、档位、安全带状态、灯光状态等数据, 采集字段及类型应符合表3。

表 3 VR 智能汽车模拟训练系统车辆运行数据采集要求

序号	字段名称	类型	字段说明	字段长度	数据范围
1	模拟车辆在虚拟场景中的位置_X	浮点型	模拟车辆在虚拟场景中的位置坐标, 单位: 米, 精度精确到小数点后 6 位.	20	-
2	模拟车辆在虚拟场景中的位置_Y	浮点型		20	-
3	模拟车辆在虚拟场景中的位置_Z	浮点型		20	-
4	模拟车辆在虚拟场景中的方向_X	浮点型	模拟车辆在虚拟场景中的单位向量坐标, x 朝向正北, z 朝向正西, 精度精确到小数点后 6 位.	20	-
5	模拟车辆在虚拟场景中的方向_Y	浮点型		20	-
6	模拟车辆在虚拟场景中的方向_Z	浮点型		20	-
7	模拟发动机转速	浮点型	单位: 转每分钟	20	0~6000
8	模拟车速	浮点型	单位: 千米每小时	20	0~220

表 3 VR 智能汽车模拟训练系统车辆运行数据采集要求（续）

序号	字段名称	类型	字段说明	字段长度	数据范围
9	模拟车辆瞬时加速度	浮点型	单位：米每平方秒	20	-5000~5000
10	模拟车辆挡位状态	字符型	挡位标识	2	倒挡：R、R1、R2、R3；空挡：N，停车挡：P；手动挡：M1、M2、M3、M4、M5、M6、M7、M8；自动挡：D、D1、D2、D3、D4；其他：S、S1、S2、S3。
11	模拟车辆安全带状态	字符型	安全带标识	1	无安全带：0；安全带固紧：1；安全带未固紧：2。
12	模拟车辆喇叭状态	字符型	喇叭标识	1	无喇叭：0；鸣笛：1；未鸣笛：2。
13	模拟车辆灯光状态	字符型	车辆灯光标识	1	未开启灯光：1；近光灯：2；远光灯：3。
14	模拟车辆危险报警灯状态	字符型	危险报警灯标识	1	未开启：1；已开启：2。
15	模拟车辆转向灯	字符型	车辆转向灯标识	1	未开启：1；左转向：2；右转向：3。

6.2.4 采样频率

驾驶行为数据和车辆运行数据的采样频率应不低于50Hz。

6.3 数据传输与存储

6.3.1 培训过程中,学员训练计时管理应符合 JT/T 1302.1 的要求。

6.3.2 存储的学员培训学时数据、驾驶行为数据和车辆运行等数据应通过通信网络按约定传输,或者通过存储介质传送。

6.3.3 数据存储系统应存储 14 日内学员所有训练记录的培训过程数据。

6.3.4 数据存储间隔应不长于 0.2 秒。

6.4 智能量化评价

6.4.1 驾驶操作技能评价

驾驶操作技能评价宜采用宏观结果性和微观过程性相结合的方式,其中:

- 宏观结果性评价内容和评价指标要点应符合本标准规定附录 B 要求。
- 微观过程性评价方法和评价指标要点应符合本标准规定附录 C 要求。

6.4.2 驾驶安全意识评价

驾驶安全意识评价应符合本标准规定附录D要求。

6.4.3 综合评价

综合评价宜基于信息熵等量化评价方法，计算驾驶操作技能和驾驶安全意识的权重，得到综合评价量化得分。

6.5 课程个性化推荐

课程个性化推荐宜根据智能量化评价结果，通过大数据等分析方法，智能生成面向不同学员的个性化反馈报表及针对性的训练内容。

7 系统安全

7.1 运行环境

系统辅助管理软件、参数管理软件应在Windows、Unix或Linux等操作系统正常运行。

7.2 数据库管理

系统数据库管理系统应支持SQL和ODBC两种数据库管理系统，系统的数据库安全应符合GB/T 20273中的规定。

8 入场检验

8.1 外观和部件检验

外观和部件检验应符合 JT/T 378 中对于外观、标识、电路、驾驶座舱系统、驾驶视景系统的检验要求。

8.2 功能检验

8.2.1 功能检验一般要求

8.2.1.1 功能检验应由 3 名具有 3 年以上驾驶经历的教练员进行独立交叉检验。

8.2.1.2 当 2 位及以上检验人员判定某项不符合的，则判定该项为不符合项。

8.2.2 教育培训课程、数据采集与智能评价检验要求

8.2.2.1 选择预装的所有教育课程，检视图像质量、教学内容和讲解配音等，并分别按教学课程中的引导及驾驶操作要求驾驶、不按教学课程中的引导及驾驶操作要求故意错误驾驶，检视并感受课程内容、驾驶场景和硬件设备。

8.2.2.2 在完成 8.2.2.1 检验后，检查智能量化评价和个性化训练情况反馈。

8.2.2.3 在完成 8.2.2.1 检验后，将存储的数据信息导出，检查培训基础数据、驾驶行为数据及车辆运行数据记录。

8.3 性能检验

8.3.1 硬件性能应符合 JT/T 378 中对于绝缘电阻、抗电强度、踏板力、操纵杆力等硬件设备的基本检验要求。

8.3.2 在完成 8.3.1 检验后，应检查驾驶场景的流畅度、显示效果和响应速度等。

附录 A

(规范性)

防御性驾驶、地域交通特征训练课程的内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点

A.1 防御性驾驶训练课程的教学内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点应符合表 A.1 的要求。

表 A.1 防御性驾驶训练课程对应的内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点

教学课程	教学内容	主要训练功能要求	驾驶视景要点
防御性驾驶训练	跟车	应支持学员认识跟车时的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括在交通流密集的路段跟车行驶、警惕跟随车辆的异常状态、跟随大车行驶、跟随出租车行驶、跟随外埠车辆行驶、跟随贴有实习标志或新手标识的车辆行驶等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 跟车的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路段、窄路、交叉路口、公交站台、学校区域、施工区域、立交桥等； d) 应配置跟车时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	会车	应支持学员认识会车时的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括预防对向来车越线行驶、会车时小心路面积水、谨防对向来车盲区内的车辆、驶经停定车辆留意后方危险等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 会车的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路段、窄路窄桥、积水路面、公交站台、学校区域、施工区域等； d) 应配置会车时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	超车	应支持学员认识超车时的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括超车严防前车向左转向、超车可能遭遇的会车冲突、预防对向车辆后有来车、超越大车、超越自行车等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 超车的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路段、公交站台、学校区域、施工区域等； d) 应配置超车时的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。

表 A.1 防御性驾驶训练课程对应的内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点（续）

教学课程	教学内容	主要训练功能要求	驾驶视景要点
防御性驾驶训练	倒车与掉头	应支持学员认识倒车与掉头时的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括倒车提防车后的儿童和宠物、倒车驶出停车位注意两侧车辆、车辆掉头过程中警惕后方来车等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 倒车与掉头的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路段、窄路、交叉路口、学校区域、施工区域、居住区、停车场等； d) 应配置倒车与掉头时的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	山区及弯道行车	应支持学员认识山区及弯道行车的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括弯道行车、山体盲区、临水临崖、预防车辆失控等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 山区及弯道行车的防御性驾驶事件应设置于山区的窄路、弯道、陡坡、连续下坡、临水临崖、落石区域、乡村等； d) 应配置山区及弯道行车的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	摩托车、电动自行车、非机动车和行人	应支持学员认识遇摩托车、电动自行车、非机动车和行人的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括与摩托车、二轮车辆、儿童、老年人、残障人士等的交互。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 摩托车、电动自行车、非机动车和行人的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路段、单行路、窄路、交叉路口、公交站台、学校区域、施工区域、居住区等； d) 应配置摩托车、电动自行车、非机动车和行人的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。

表 A.1 防御性驾驶训练课程对应的内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点（续）

教学课程	教学内容	主要训练功能要求	驾驶视景要点
防御性驾驶训练	桥梁与隧道	应支持学员认识桥梁与隧道的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括桥梁行驶、隧道行驶、湿滑路面、隧道明暗适应、桥梁横风、限高标志等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 桥梁与隧道的防御性驾驶事件应设置于桥梁、窄桥、立交桥、隧道及出入口等； d) 应配置桥梁与隧道的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	恶劣天气下行车	应支持学员认识恶劣天气下行车的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括各类天气条件下的改善视线、转弯视野盲区、减速增距、注意行人及骑车人、车辆溜滑等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 恶劣天气下行车的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路段、窄路窄桥、交叉路口、公交站台、学校区域、施工区域、立交桥、居住区、山区路段、高速公路等； d) 应配置恶劣天气下行车时的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	高速公路行车	应支持学员认识高速公路行车的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括行车“高速催眠”、长时间并排行驶、动物和违法进入的行人、出入收费站、拥堵等。	<ul style="list-style-type: none"> a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 高速公路行车的防御性驾驶事件应设置于高速公路出入口、加速车道、减速车道、匝道、坡路、应急车道、事故区域、收费站等； d) 应配置高速公路行车时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。

表 A.1 防御性驾驶训练课程对应的内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点（续）

教学课程	教学内容	主要训练功能要求	驾驶视景要点
防御性驾驶训练	夜间行车	应支持学员认识夜间行车的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括眩光带来的危险、穿深色衣服的行人和非机动车、非机动车及行人因路边停车占用机动车道、“独眼”车辆、坡路及弯道行驶灯光、机非混行等。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 夜间行车的防御性驾驶事件应设置于弯道、窄路、交叉路口、公交车站、非机动车道、坡路、居民小区等； d) 应配置夜间行车时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	交叉路口处	应支持学员认识交叉路口处的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括路口前等红灯、红灯变绿灯时起步、绿灯通行安全、无信号灯控制的交叉路口、交叉路口转弯、环岛行车、主辅路交汇处行车等。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 交叉路口处的防御性驾驶事件应设置于交通流密集的路口、有交通信号灯控制的路口、无交通信号灯控制的路口、转弯路段、环岛、主辅路交汇等； d) 应配置交叉路口处危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	乡村道路与城乡结合部	应支持学员认识乡村道路与城乡结合部路段的潜在危险，提升安全意识和学习防御性驾方法，包括乡村公路上隐蔽路口、避让摩托车、非机动车骑行方向多变、隔离带缺口处行车、通过占道晒粮路段、注意路上占道经营等。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 乡村道路与城乡结合部的防御性驾驶事件应设置于无标志标线的乡村路段、窄路、交叉路口、隔离带缺口处、过村路段、集市路段等； d) 应配置乡村道路与城乡结合部行车时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。

A.2 地域交通特征专项训练课程的教学内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点应符合表 A.2 的要求。

表 A.2 地域交通特征专项训练课程对应的内容、主要训练功能要求和驾驶视景要点

教学课程	教学内容	主要训练功能要求	驾驶视景要点
地域交通特征专项训练	“胡同”通行	应支持学员学习狭窄路段通行、“胡同”停车、人车混行、“荷式”开门法等。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) “胡同”通行专项训练应设置于单行路、窄路、胡同等； d) 应配置“胡同”通行时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	高速公路拥堵	应支持学员学习高速公路拥堵缓行的正确处置方法。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京高速公路路段道路特点及环境的视景； c) 高速公路拥堵专项训练应设置于高速公路拥堵路段、事故路段、施工路段、合流路段等； d) 应配置高速公路拥堵时危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	礼让斑马线	应支持学员学习各类路口通行、学校区域通行、公交车站通行等正确处置方法。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 礼让斑马线的地域交通特征专项训练应设置于交通流密集的路段、交叉路口、公交站台、学校区域等； d) 应配置礼让斑马线的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。
	复杂立交桥	应支持学员学习互通式立交桥通行、“拉链式”交替通行、驶入驶出立交桥等。	a) 宜按照 JT/T916 的要求设置相应的道路视景，包括不同气象条件，白天和夜间道路视景； b) 应设置符合北京城市道路特点及环境的视景； c) 复杂立交桥专项训练应设置于各类立交桥； d) 应配置复杂立交桥的危险源识别、事故讲解及规范操作讲解视频。

附录 B

(规范性)

驾驶操作技能的宏观结果性评价内容和评价指标要点

驾驶操作技能的宏观结果性评价内容和评价指标要点应包含表 B 的要求。

表 B 驾驶操作技能的宏观结果性评价内容和评价指标要点

评价内容	评价指标要点
起步	1.启动发动机前，检查调整驾驶座椅、后视镜、挡位、仪表盘。
	2.起步前，通过内、外后视镜，观察后方交通情况。
	3.起步前，松开驻车制动器。
	4.起步时，合理使用喇叭。
	5.起步时，合理加速踏板控制，避免发动机转速过高。
	6.车辆启动前，按规定使用安全带。
	7.起步时，车辆不得后溜。
直线行驶	1.合理控制方向，保持车辆直线运行。
	2.遇前车制动时及时采取减速措施。
	3.适时通过内、外后视镜观察后方交通情况。
	4.发现路面障碍物或发现路面障碍物时，采取减速措施。
	5.车辆与左右两侧车辆，保持 1m 以上的安全距离。
变更车道	1.变更车道前，开启转向灯。
	2.变更车道前，通过内、外后视镜观察后方交通情况。
	3.变更车道时，车辆的横向加速度大于 1m/s^2 。
直行通过路口	1.停车让行标志路口，车辆在停止线后停车。
	2.观察左、右方交通情况。
	3.主动避让优先通行的车辆、行人、非机动车。
	4.按交通信号灯、标志、标线或者交通警察指挥信号行驶。
路口左、右转弯	1.车辆前保险杠越过停止线前，踩制动减速。
	2.有停车让行标志的路口，车辆停车。
	3.转弯通过路口时，观察侧前方交通情况。
	4.主动避让优先通行的车辆、行人、非机动车。
	5.按交通信号灯、标志、标线或者交通警察指挥信号行驶。
	6.左转通过路口时，靠路口中心点左侧转弯。
	7.正确使用转向灯。

表 B 驾驶操作技能的宏观结果性评价内容和评价指标要点（续）

评价内容	评价指标要点
通过人行横道线	1.车辆前保险杠越过停止线，踩制动减速。
	2.观察左、右方交通情况。
	3.遇行人横过道路且距离车头距离不超过 5 米，进行停车避让。
通过学校区域	1.以学校区域位置为准的 30m 范围内，车速小于 30km/h。
	2.观察左、右方交通情况。
	3.遇行人横过道路且距离车头距离不超过 5 米，进行停车避让。
	4.以学校区域位置为准的 30m 范围内，不得长时间使用喇叭鸣笛（累计超过 3 秒）。
通过公共汽车站	1.通过公共汽车站台前 30m 范围内，踩制动减速慢行。
	2.观察左、右方交通情况。
	3.遇行人横过道路且距车头距离不超过 5 米时，进行停车避让。
	4.遇公交车驶离公共汽车站时，减速避让。
会车	1.会车困难时，减速让行。
	2.在没有中心线或隔离设施的道路上会车时，速度降幅小于 1km/h 或与会车车辆的横向距离小于 1m。
超车	1.超车前，通过内、外后视镜观察后方和左侧交通情况。
	2.超车前，正确使用转向灯。
	3.在没有中心线或同方向只有一条行车道的道路上从右侧超车。
	4.超车时，与被超越车辆的横向距离大于 1.5m。
	5.超车后，驶回原车道前，通过内、外后视镜观察后方和右侧交通情况。
掉头	1.掉头前，开启左转向灯。
	2.掉头地点选择恰当，不在人行横道或禁止掉头区域掉头。
靠边停车	1.停车前，通过内、外后视镜观察后方和右侧交通情况，并回头观察确认安全。
	2.停车后，车身距离道路右侧边缘线或者人行道边缘小于 50cm。
	3.停车后，拉紧驻车制动器。
	4.拉紧驻车制动器后放松行车制动踏板。
	5.下车前，将发动机熄火。
	6.下车在打开车门前，回头观察左后方交通情况。
	7.下车后，关闭车门。
	8.不得在设有禁停标志、标线的路段；交叉路口、桥梁、陡坡、隧道以及距离上述地点 50 米以内的路段停车。

表 B 驾驶操作技能的宏观结果性评价内容和评价指标要点（续）

评价内容	评价指标要点
靠边停车	9.公共汽车站、急救站、加油站、消防队(站)门前以及距离上述地点 30 米以内的路段不得停车。
夜间灯光使用	1.夜间行车，开启灯光。
	2.进入无照明、照明不良的道路行驶时，使用远光灯。
	3.在有路灯、照明良好的道路上行驶时，使用近光灯。
	4.同方向近距离跟车行驶时，使用近光灯。
	5.通过路口时，使用近光灯。
夜间灯光使用	6.超车时，交替使用远近光灯提醒被超越车辆。
	7.通过急弯、坡路、拱桥、人行横道或者没有交通信号灯控制的路口时，交替使用远近光灯示意。
	8.会车时，使用近光灯。
	9.在路边临时停车，不关闭前照灯和不开启示廓灯。
安全速度	1.按规定速度行驶。
	2.通过弯道、陡坡、窄路、窄桥、学校、公共汽车站等，按限速要求行驶。
车道使用	1.按规定右侧通行。
	2.按规定分车道行驶。
	3.按行进方向正确使用车道。
倒车	1.倒车前，通过内、外后视镜观察后方和两侧交通情况并回头观察确认安全。
	2.不得在交叉路口、单行路、桥梁、陡坡等禁止倒车的地点倒车。
基本驾驶操作	1.避让执行紧急任务的警车、消防车、救护车、工程救险车等。
	2.雨天、雾天正确使用雨刮器、雾灯等车辆常用操纵件。
	3.行驶中，不得空挡滑行或使用挡位与车速长时间不匹配。
	4.行驶中，车辆不得骑轧车道中心实线或者车道边缘实线。

附录 C

(资料性)

驾驶操作技能的微观过程性评价指标要点和评价方法

C.1 驾驶操作技能的微观过程性评价指标要点应包含表 C.1 的要求。

表 C.1 驾驶操作技能的微观过程性评价内容和评价指标要点

评价内容		评价指标要点
横向控制	转向盘	转向盘转速过快/适中/过慢
		转向盘转动时机过早/适中/过晚
纵向控制	制动踏板	制动踏板开度过大/适中/过小
	离合踏板	离合踏板开度过大/适中/过小
	加速踏板	加速踏板开度过大/适中/过小

采用图谱理论的虚拟现实智能型汽车驾驶培训模拟训练系统驾驶操作技能的微观过程性评价方法包括五个步骤：数据基础、数据处理、数据编码、图谱构建、相似性判别，其中前四步为图谱构建过程，第五步用于比较学员每次训练的驾驶操作行为特征画像和最优驾驶操作行为特征画像的相似度，即学员训练的驾驶操作行为得分。具体步骤如下：

1. 数据基础

选取的驾驶操作行为数据项、表征符号和数据取值变化范围如表 C.2 所示。

表 C.2 驾驶操作行为数据项及变化范围

符号	驾驶操作行为	数据变化范围
B	制动踏板 (Brake)	0~1
A	加速踏板 (Accelerator)	0~1
S	转向盘转角 (Steering)	-1~1
C	离合踏板 (Clutch)	0~1

2. 数据处理

首先将原始数据转化为逐秒数据。由于数据采集频率为50赫兹，逐秒驾驶操作行为特征平均值可由下述公式 (C.1) 计算：

$$f(n) = \frac{1}{50} \sum_{i=5(n-1)+1}^{5n} f(x_i) \quad (C.1)$$

式中，

$f(x_i)$ ——驾驶模拟器在时刻*i*采集到的驾驶操作行为原始值；

$f(n)$ ——驾驶操作行为在该秒的平均值。

如果本秒原始数据采集量不足 5 个，则 $f(n)$ 采用可用的数据求平均值。

3. 数据编码

在获取逐秒数据后，将数值型数据转化为图谱所具有的抽象化节点符号，即数据编码。定义编码的产生条件为：驾驶操作行为在某一时刻发生显著改变。因此，首先将驾驶操作行为数据范围划分为大、中、小三部分，由圆形节点的大小代表驾驶操作的程度。特别地，采用空心圆表征驾驶操作行为为 0。

除上述单点驾驶操作行为编码规则外，还应考虑时间序列上连续相邻节点间的差异特征以完成整个驾驶过程的操作行为编码。定义假设条件如下：驾驶操作行为编码从起步过程的第一秒开始，如果当前秒与相邻上一节点的驾驶操作行为变化程度大于等于数据范围的 $1/3$ ，则在当前秒生成新的节点；当驾驶操作行为值为 0 且相对于相邻上一秒首次发生，则在该秒生成空心圆作为编码。基于上述驾驶操作行为编码生成规则及假设条件，可获得驾驶员在训练过程中的各类驾驶操作行为编码。

4. 图谱构建

为构建训练过程中驾驶操作行为图谱，定义以下三个步骤：

步骤一：以时间为 X 轴、驾驶操作行为为 Y 轴构建坐标系，并且 X 轴和 Y 轴的间隔等分设置；

步骤二：结合驾驶操作行为发生时间及节点编码产生规则，确定每一个驾驶操作行为在上述坐标轴中的位置及相应的节点编码属性（大小、符号）；

步骤三：从坐标轴原点开始，按照发生时间先后顺序利用直线连接每个驾驶操作行为节点编码，直线表示驾驶操作行为随时间延长一直持续。

依据上述方法，可构建获得训练过程中的驾驶操作行为图谱。

5. 相似性判别

对于任意两个驾驶操作行为特征图谱，首先计算二者最长公共子序列（LCSS）。LCSS 被定义为两个或多个序列中存在的 longest common subsequence，计算公式如下：

$$LCSS(I, J) = \begin{cases} 0 & \text{if } m = n = 0 \\ LCSS(\text{Rest}(I), \text{Rest}(J)) + 1 & \text{if } K(I_{1,y}) = K(J_{1,y}) \& |I_{1,x} - J_{1,x}| \leq u \& |I_{1,y} - J_{1,y}| \leq v \\ \max\{LCSS(\text{Rest}(J), I), LCSS(I, \text{Rest}(J))\} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (C.2)$$

式中，

$LCSS(I, J)$ ——驾驶操作行为图谱 I 和 J 的最长公共子序列；

K ——表征特定时间驾驶操作行为种类的函数，包括单独的操作加速踏板、离合踏板、挡位、转向盘以及他们间的任意组合；

u ——X 轴（时间）相似性阈值；

v ——Y 轴（驾驶操作行为）相似性阈值；

m ——图谱 I 的数据记录个数（即是图谱 I 的时间长度）；

n ——图谱 J 的数据记录个数（即是图谱 J 的时间长度）。

依据上述公式（C.2），当没有数据记录点存在时，图谱 I 和 J 的相似性为 0。在某数据记录点处，驾驶操作行为种类相同，同时 X 轴的差异值不超过 u 且 Y 轴差异值不大于 v 时，LCSS 的值在该记录点增加 1。定义阈值 u 的值为 1，即是相对某一特点数据记录点，相同的驾驶操作行为在该点的前一秒或后一秒发生，认为驾驶操作行为在时间轴相似。定义阈值 v 的值为 0，即是，对于某一特定驾驶操作行为，认定位于相同编码的操作行为相似。

获取 LCSS 后，最终利用 LCSS 距离 (D_{LCSS}) 实施不同驾驶操作行为图谱相似性判别， D_{LCSS} 定义如下：

$$D_{LCSS}(I, J) = \frac{LCSS(I, J)}{\min(m, n)} \times 100 \quad (C.3)$$

式中，

$D_{LCSS}(I, J)$ ——驾驶操作行为图谱 I 和 J 之间的相似性距离；

$\min(m, n)$ ——图谱 I 和 J 二者的最小数据记录点个数。

由上述公式 (C.3) 可知，对于任意图 I 和 J ，其相似性距离 (D_{LCSS}) 位于 0 到 100 之间，并且 D_{LCSS} 与图谱相似程度成正比，图谱相似性越高， D_{LCSS} 值越大。

附录 D

(资料性)

驾驶安全意识评价方法和评价指标要点

驾驶安全意识评价方法和评价指标要点应包含表 D 的要求。

表 D 驾驶安全意识评价内容和评价指标要点

评价内容	评价指标要点
驾驶风险搜寻准确度	驾驶风险反应窗口内驾驶人的注视点位置
	驾驶风险反应窗口内驾驶人的注视点位置和注视点数量
驾驶风险识别速度	驾驶风险反应窗口内驾驶人的驾驶风险感知时间：从驾驶风险出现到驾驶人注视到驾驶风险所经历的时间
	驾驶风险反应窗口内驾驶人的驾驶风险反应时间：从驾驶风险出现到驾驶人松抬加速踏板或踩踏制动踏板等减速操作行为所经历的时间
交通场景风险度	交通场景的难度
	交通场景的基准速度
	车辆的平均行驶速度

注：驾驶风险反应窗口是指驾驶风险评估场景中从潜在风险出现，且可以被有效观察的时刻（或位置）到潜在风险如转变为显性风险，驾驶人无法避免的时刻（或位置）是驾驶人与系统之间开展人机交互的重要环节，直接影响驾驶人驾驶风险意识评估结果的准确性。

驾驶人的驾驶风险搜寻准确度评估模型如公式 (D.1) 所示：

$$Q_d = \begin{cases} 100, & R_d \geq R \\ 0, & R_d < R \end{cases} \quad (\text{D.1})$$

式中，

R_d ——驾驶风险反应窗口内，注视点在驾驶风险区域上的数量与注视点总数的比值；

R ——预设比值的阈值；

Q_d ——驾驶风险搜寻准确度得分。

驾驶人的驾驶风险识别速度评估模型如公式 (D.2) 所示：

$$P_d = \left(1 - \frac{T_d}{t_e - t_s}\right) \times 100 \quad (\text{D.2})$$

式中，

T_d ——驾驶风险反应窗口内，从驾驶风险出现到驾驶人注视到驾驶风险的时间差、从驾驶风险出现到驾驶人第一次松抬加速踏板的时间差、从驾驶风险出现到驾驶人第一次踩下制动踏板的时间差的最小值；

t_s ——驾驶风险反应窗口起始点；

t_e ——驾驶风险反应窗口终止点；

P_d ——驾驶风险识别速度得分。

注：若驾驶人未出现注视到驾驶风险、松抬加速踏板、踩下制动踏板的驾驶行为，则 $T_d = \infty$ 。
 驾驶人的交通场景风险度评估模型如公式（D.3）所示：

$$D_d = D \frac{\bar{v}}{v_0} \quad (\text{D.3})$$

式中，

D ——交通场景预设的难度值；

v_0 ——交通场景设计车速；

$\bar{v}$ ——驾驶风险反应窗口内，从驾驶风险出现到驾驶人第一次采取避险操作（即第一次松抬加速踏板和第一次踩下制动踏板的第一时刻）过程中的车辆平均行驶速度；

D_d ——交通场景风险度得分。

综合上述的驾驶风险搜寻准确度评估方法、驾驶风险识别速度评估方法和交通场景风险度评估方法，驾驶人的驾驶风险意识评估模型如公式（D.4）所示：

$$S = f(Q_d, P_d, D_d) = \begin{cases} P_d \times D_d, & Q_d = 100 \\ 0, & Q_d = 0 \end{cases} \quad (\text{D.4})$$

式中， S 为驾驶人驾驶风险意识的得分，目前以百分制为例，也可以转换为10分制或5分制等。

如果选用了多个驾驶风险交通场景，则采用对每个驾驶人的驾驶风险意识得分 S 进行加权平均的方法计算得到驾驶人的驾驶风险意识得分。根据驾驶人的驾驶风险意识得分结果，将驾驶人的驾驶风险意识划分为四个等级——优秀、良好、一般和待改善。

参 考 文 献

- [1] GB 14886 道路交通信号灯设置与安装规范
 - [2] GB/T 38259 信息技术 虚拟现实头戴式显示设备通用规范
 - [3] GA 1029 机动车驾驶人考试场地及其设施设置规范
 - [4] CJJ 152 城市道路交叉口设计规程
 - [5] JTG D20 公路路线设计规范
 - [6] 中华人民共和国机动车驾驶员培训教学与考试大纲(交运发[2022]36号)
 - [7] 中华人民共和国交通运输部.安全驾驶从这里开始(第3版).北京:人民交通出版股份有限公司,2018
-