

ICS 93.080.01

CCS R80

团 体 标 准

T/GDHS 018—2026

城镇化地区高（快）速路安全性评价规范

Safety audit specification for expressway in urbanized areas

2026 - 09 - 11 发布

2026 - 10 - 11 实施

广东省公路学会 发 布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 1

5 总体评价 2

6 专项评价 2

 6.1 一般规定 2

 6.2 结构物间距受限路段 3

 6.3 复合式互通式立体交叉路段 3

 6.4 宽幅路面路段 4

 6.5 小半径平曲线路段 5

 6.6 养护作业路段 6

 6.7 其他风险路段 6

7 评价结论与报告 7

 7.1 评价结论 7

 7.2 评价报告 7

附录 A（规范性） 驾驶模拟实验流程 8

 A.1 一般规定 8

 A.2 设备选型 8

 A.3 实验设计 8

 A.4 实验准备 8

 A.5 实验实施 8

附录 B（规范性） 自然驾驶实验流程 9

 B.1 一般规定 9

 B.2 设备选型 9

 B.3 实验设计 9

 B.4 实验准备 9

 B.5 实验实施 9

附录 C（规范性） 安全性等级评价流程 11

附录 D（规范性） 交通仿真实验流程 13

附录 E（资料性） 水流场仿真计算流程 14

附录 F（规范性） 评价报告及封面与扉页格式 16

参考文献 19

前 言

本文件按照GDHS-BZBX-01-2021《广东省公路学会标准编写规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广州机场第二高速公路有限公司提出。

本文件由广东省公路学会归口。

本文件起草单位：广州机场第二高速公路有限公司、同济大学、华南理工大学、广州市交通工程质量监督站、山东省交通规划设计院集团有限公司、广州快速交通建设有限公司、广州市公路实业发展有限公司、广州市交通设计研究院有限公司

主编：岳伟杰

参加编写人员：郭忠印、吴绍明、曾志威、胡硕、王国军、杨轸、罗小雄、陈湘华、宋灿灿、荆迪菲、蓝志洋、符铎砂、孙玉海、张书峰、周斌杰、王晓飞

主审：黎军

参加审查人员：洪显诚、冯心宜、李明国、鲍钢、黄晨、刘事莲、王佳胜、庄明融

本文件为首次发布。

引 言

本文件为《公路项目安全性评价规范》（JTG B05）的补充和细化。项目在完成《公路项目安全性评价规范》（JTG B05）相应阶段的安全评价后，对于存在本文件专项评价所涉及内容的路段，可依据本文件规定补充进行专项评价。

本文件主要针对城镇化地区高（快）速路的结构物间距受限路段、复合式互通式立体交叉路段、宽幅路面路段、小半径平曲线路段、养护作业路段及其他风险路段的运行风险特点，明确安全评价内容，推荐安全评价方法，指导安全评价工作的开展。

请各有关单位在使用本文件的过程中，将发现的问题和修改建议反馈至广州机场第二高速公路有限公司（地址：广州市白云区鹤龙五路383号，邮编：510400），以便修订时研用。

城镇化地区高（快）速路安全性评价规范

1 范围

本文件规定了城镇化地区高（快）速路安全性总体评价、专项评价、评价结论与报告等要求。
本文件适用于城镇化地区高速公路和城市快速路项目的安全性评价。

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。

JTG B05 公路项目安全性评价规范

JTG D20-2017 公路路线设计规范

CJJ 37-2012 城市道路工程设计规范

3 术语和定义

JTG B05界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城镇化地区高（快）速路 expressway in urbanized areas

在城镇化地区专供汽车分向分车道行驶、设有中央分隔带、控制出入、控制出入口间距及形式的多车道道路。包括高速公路和城市快速路两大类。

3.2

结构物间距受限路段 segment with restricted structure spacing

城镇化地区高（快）速路中，隧道、互通式立体交叉、收费站、服务区、公共汽车停靠站等大型结构物之间距离较短，影响车辆行驶的路段。

3.3

宽幅路面路段 wide roadway segment

单幅车道数大于等于4的路段。这些车道包括横跨在同一个路面排水路径上的主线车道和辅助车道。

3.4

富余附着系数 surplus adhesion coefficient

轮胎与路面的附着系数按照摩擦圆理论进行矢量分解法，扣除保持横向稳定（如克服弯道行驶、紧急避让等）的附着系数消耗后，剩余能用于保持纵向制动减速的附着系数。

4 基本规定

4.1 城镇化地区高（快）速路安全性评价前应根据《公路项目安全性评价规范》（JTG B05）进行对应阶段的安全性评价。

4.2 城镇化地区高（快）速路安全性评价应包含总体评价和专项评价。

4.3 宜根据项目在工程可行性研究、初步设计、施工图设计、交工期阶段和运营期的特点，按照本文件规定的各阶段对于的专项评价重点内容进行评价。

4.4 按本规范规定完成专项评价后，成果宜纳入依据《公路项目安全性评价规范》（JTGB05）形成的相应阶段的安全评价报告中，也可根据需要单独形成评价报告。

5 总体评价

5.1 应根据道路功能定位、预测交通量及交通组成、大型结构物分布、沿线自然气象条件、远期拓宽需求等，对项目采用的主要技术指标的安全性进行评价，各阶段应评价的重点内容包括但不限于以下：

- a) 工程可行性研究阶段，应评价沿线公路、轨道、地下管线（廊）等基础设施，基本农田、沿线名木古树、文物古迹、居民区、水源保护区、矿区等特殊控制因素和地理环境对城镇化地区高（快）速路交通安全的影响；
- b) 初步设计阶段，应评价预测交通量及其交通组成、气象条件，隧道、复杂互通式立体交叉、服务区、停车区、公共汽车停靠站及其他大型结构物空间布局对城镇化地区高（快）速路交通安全的影响；
- c) 施工图设计阶段，应评价交通标志及标线等交通标识、监控及照明等机电设施、护栏及分隔带等防护设施的布设对城镇化地区高（快）速路交通安全的影响；
- d) 交工及运营期阶段，应评价实际交通量及交通组成、运行速度、交通事故、路侧环境、管理技术、气象条件等对城镇化地区高（快）速路交通安全影响。

5.2 应对上一阶段安全性评价意见（包括相应阶段的专项评价）的响应情况进行核查。

5.3 改扩建高（快）速路利用既有道路的路段，应根据既有公路运营状况、交通事故资料等，分析该路段的特点，并按《公路项目安全性评价规范》（JTGB05）对利用路段的设计指标进行总体评价。

6 专项评价

6.1 一般规定

6.1.1 专项评价包含结构物间距受限路段、复合式互通式立体交叉路段、宽幅路面路段、小半径平曲线路段、养护作业路段及其他风险路段的安全性评价。

6.1.2 专项评价可采用运行速度协调性分析、安全检查清单等方法。运行环境复杂路段，宜采用驾驶模拟、自然驾驶实验、交通仿真等技术手段进行。

- a) 设计阶段可采用驾驶模拟实验方式，对设计的道路线形、交通标志、标线、诱导设施下的驾驶行为进行数据采集和安全评价，实验流程见附录A；
- b) 交工及运营阶段可采用自然驾驶实验方式，对当前的道路线形、交通标志、标线、诱导设施下的驾驶行为进行数据采集和安全评价，评价实验流程见附录B。

6.1.3 安全性等级分为很低、低、中、高四级。

条文说明

本文件将安全性等级分为很低、低、中、高四级，是基于风险管理理论中对风险的分类与处置原则。符合 JTGB05 和国际道路安全审计实践。

不同安全性等级对应的风险处理原则为：安全性等级“很低”的路段风险不可接受，必须立即采取工程或管理措施；“低”级别路段需要制定短期改善计划；“中”级别路段风险可容忍但宜在中长期规划中考虑改善；“高”级别路段风险可接受，保持现有安全管理措施即可。

6.1.4 各专项评价内容与工程建设各阶段实施的对应关系如表1所示。

表1 专项评价内容与工程建设各阶段实施的对应关系

适合开展评价的阶段	可开展评价的阶段	专项评价主要内容
初步设计	工程可行性研究、交工及运营期 ²	结构物间距受限路段
初步设计	工程可行性研究、交工及运营期 ²	复合式互通式立体交叉路段
初步设计	施工图设计 ¹ 、运营期 ²	宽幅路面路段

表1 专项评价内容与工程建设各阶段实施的对应关系（续）

适合开展评价的阶段	可开展评价的阶段	专项评价主要内容
初步设计	施工图设计 ¹ 、运营期 ²	小半径平曲线路段
运营期（养护作业施工期）	-	养护作业路段
运营期	施工图设计	其他风险路段
¹ 表示上一阶段如果没有开展，本阶段应该开展； ² 表示当该位置为事故多发或高风险位置时，可以通过运营期阶段的评价明确形成的主要原因，为后续改善提供依据。		

6.2 结构物间距受限路段

6.2.1 隧道出入口间距受限路段

- 6.2.1.1 隧道出入口间距受限路段包含隧道出口间距受限路段、隧道入口间距受限路段。
- a) 隧道出口间距受限路段包含隧道出口至互通式立体交叉、服务设施出口路段；
 - b) 隧道入口间距受限路段包含互通式立体交叉、服务设施入口至隧道入口路段；
 - c) 图 1 给出隧道出入口间距受限路段示例，包括隧道出口间距受限路段和隧道入口间距受限路段。

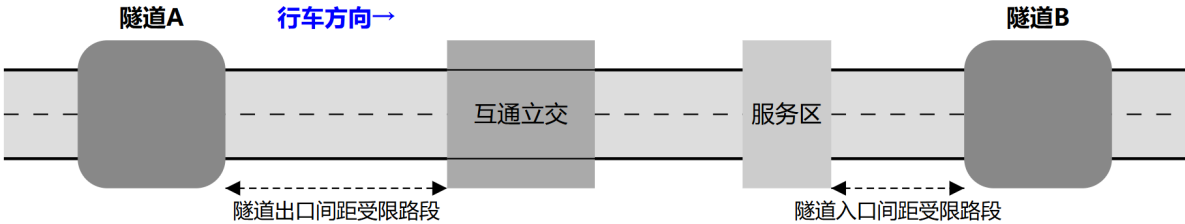


图1 隧道出入口间距受限路段示意图

- 6.2.1.2 隧道出入口间距受限路段安全性等级评价过程应符合附录 C.1 的要求。

6.2.2 互通式立体交叉出入口间距受限路段

- 6.2.2.1 互通式立体交叉出入口间距受限路段包含单体互通式立体交叉出入口间距受限路段、相邻互通式立体交叉间距受限路段。

条文说明

“单体互通式立体交叉出入口间距受限路段”是指单体互通式立体交叉内的出入口间距过短，“相邻互通式立体交叉间距受限路段”则是指多个互通式立体交叉之间的间距过短。

苜蓿叶型立交是典型的单体互通式立体交叉出入口间距受限路段，其特点是相邻象限的入口和出口匝道距离很近，使驾驶员在短距离内需要完成并线、变道等多项操作，增加了驾驶安全风险。

- 6.2.2.2 互通式立体交叉间距受限路段安全性评价可分为互通式立体交叉出入口非自由流评价与自由流评价两种类型：

- a) 互通式立体交叉出入口非自由流评价可通过交通仿真方式进行评价，评价方法应符合附录 D 的要求，安全性等级评价步骤应符合附录 C.2；
- b) 自由流评价应对道路线形、交通标志、标线、诱导设施进行评价，评价方法应根据工程建设阶段选用驾驶模实验或自然驾驶实验安全性等级评价步骤应符合附录 C.3。

条文说明

互通式立体交叉间距受限路段安全性评价划分为自由流评价和非自由流评价，是基于不同交通流状态下车辆运行特性和安全问题的显著差异。自由流状态下，车辆主要受道路条件和驾驶员行为控制，安全关注点集中在较高车速下的变道、刹车等操作引发的风险；而在非自由流状态下，车辆之间的相互干扰显著，安全问题则更多体现在高密度、较低车速条件下的排队、拥堵和尾随碰撞等风险。

6.3 复合式互通式立体交叉路段

- 6.3.1 应对复合式互通式立体交叉的复合连接方式、适用性及交通标志标线等指路与诱导设施进行评

- 价，所涉及的数据来源应根据工程建设阶段选用驾驶模实验或自然驾驶实验。
- 6.3.2 应结合运行速度、交通流、交通组成等对复合式互通式立体交叉平面、纵断面视距进行评价。
- 6.3.3 对于采用辅助车道相连的复合式互通式立体交叉，应对辅助车道长度、辅助车道与主线速度协调性进行评价。
- 6.3.4 对于采用集散道连接的复合式互通式立体交叉，应对进出集散道的加减速车道长度、集散道范围内的鼻端间距和交织段长度、集散道与连接匝道的速度协调性、集散道与主线速度协调性进行评价。
- 6.3.5 当互通式立体交叉与服务区合并或复合设置时，应结合服务区与互通式立体交叉相对位置关系，对相邻分、合流鼻端间距和交通组织方案进行评价。
- 6.3.6 应结合路段线形和交通运行特性，对复合式互通式立体交叉标志标线的交通诱导效果进行评价，可采用标志视认实验评价驾驶员的路径识别准确性。

6.4 宽幅路面路段

- 6.4.1 应检查宽幅路面路段的排水设施是否满足要求，并分析缓纵坡或凹形竖曲线底部与超高过渡段叠合路段的水膜厚度对行车安全的影响。
- 6.4.2 应根据区位特点合理估算降雨强度，进行水膜厚度计算，降雨强度可参照附录 E 进行估算。
- 6.4.3 基本车道为双向八车道和十车道零纵坡降雨强度为 0.64mm/min 的超高过渡段平均水膜厚度按表 2 估算。

表2 不同曲线半径水膜厚度估算参考值

平曲线半径（m）	650		1000		3000	
基本车道数	8	10	8	10	8	10
平均水膜厚度（mm） ¹	6.44	9.66	5.54	8.31	3.31	4.97
90%分位水膜厚度（mm） ²	21.0	26.3	17.5	21.9	10.5	13.1
¹ 不同降雨强度的水膜厚度按此等比例折算；不同曲线半径的水膜厚度按二次多项式进行内插； ² 90%分位水膜厚度是指超高过渡段中水膜厚度低于该值的面积占比为90%。						

条文说明

- 超高过渡段为易积水路段，但是其在横向和纵向分布不均匀，为表达整合超高过渡段水膜厚度分布情况，表2中用平均水膜厚度和90%分位水膜厚度两个值来表达，这两个值偏差越大表示不均匀程度越高。
- 6.4.4 道路纵坡不为零时应考虑纵坡对平均水膜厚度的影响，平均水膜厚度降低率可按表 3 取值。

表3 纵坡对平均水膜厚度降低率

道路纵坡(%)	0	0.2	0.5	1	2	3
I型路面 ¹	0	22.5%	31.7%	37.7%	41.8%	43.3%
II型路面 ²	0	38.6%	52.4%	53.4%	59.3%	61.1%
¹ I型路面位于第一缓和曲线段，从上游端的正常路拱开始，到下游端的全超高结束； ² II型路面位于第二缓和曲线段，从全超高开始，以正常路拱结束。						

- 6.4.5 当设置竖曲线时，不同前坡值的道路平均水膜厚度增加率按表 4 取值。

表4 不同前坡值的道路平均水膜厚度增加率

路面类型		I型路面				II型路面			
前坡值(%)		0.5	1	2	3	-0.5	-1	-2	-3
增长率(%)	凹曲线	-0.34	-0.06	0.13	-	3.56	29.21	8.39	3.91
	凸曲线	0.04	-0.35	-0.22	-0.52	-6.14	-1.88	0.25	-
本表中凹曲线对应的竖曲线后坡为 3%，凸曲线应的曲线后坡为-3%，其他数值可以通过内插估算。									

6.4.6 采用排水路面结构的路段在计算水膜厚度时应根据面层透水及基层排水速度对暴雨强度进行折减，折减值需要根据透水试验确定：按照设计要求修建实验路面板块（尺寸 4m×4m），以一定的喷洒流量均匀地在实验板上喷洒，并逐渐增大喷洒流量，直到有水明显从表面溢出，记录下此时的喷洒流量，并换算成折减暴雨强度，当计算暴雨强度小于折减暴雨强度时，路面积水厚度按 0 处理，否则将这两者差值作为设计暴雨强度进行折减后的水膜厚度计算。

条文说明

由于排水路面级配、路面结构厚度以及基层底基层材料、级配、厚度等的差异性，透水路面的透水及横向排水能力差异较大，需要通过透水实验确定暴雨强度的折减。

6.4.7 为准确计算不同降雨强度和道路平纵横组合下的水膜厚度，可进行水流场仿真计算，计算方法见附录 E。

6.4.8 可根据平均水膜厚度和 90%分位水膜厚度按表 5 评估宽幅路面积水路段的安全等级。

表5 宽幅路面积水路段安全性分级

安全等级	很低	低	中	高
平均水膜厚度（mm）	>2.7	[2~2.7)	[1.5~2)	<1.5
90%分位水膜厚度（mm）	>9	[6.3~9]	[4.8~6.3)	<4.8

6.5 小半径平曲线路段

6.5.1 高速公路平面圆曲线半径小于最小半径一般值，城市快速路平面圆曲线半径小于设超高最小半径一般值的路段应进行重点评价，具体取值按表 6 确定。

表6 不同设计速度下最小半径一般值或设超高最小半径一般值

设计速度（km/h）	120	100	80	60
高速公路最小半径一般值（m）	1000	700	400	200
城市快速路设超高最小半径一般值（m）	-	650	400	300

条文说明

该表取值是依据公路路线设计规范（JTG D20-2017）和城市道路工程设计规范（CJJ 37-2012）确定。当规范更新时，其取值也应相应更新。

6.5.2 采用富余附着系数对安全性进行评价应符合下列规定：

d) 富余附着系数可按公式 1 计算；

$$\varphi_l = \sqrt{\varphi_0^2 - \left(v_t^2 \times \left(\frac{1}{R} + 0.0025 \right) / 9.8 - i_h \right)^2} + i_l \dots\dots\dots (1)$$

式中：

φ_0 ——潮湿状态路面附着系数，一般取 0.4；

v_t ——运行速度（m/s），根据 JTG B05 公路项目安全性评价规范计算或按实测值选取；

R ——平面圆曲线半径（m）；

i_h ——超高值；

i_l ——道路纵坡，上坡取正。

e) 安全性等级按表 7 的规定判定。

表7 富余附着系数与安全性等级大小

安全性等级	很低	低	中	高
富余附着系数	<0.15	[0.15~0.25)	[0.25~0.35]	>0.35

条文说明

摩擦圆理论认为，轮胎和路面的摩擦力是沿纵向（车辆前进方向）和横向（侧向）两个相互垂直方向的摩擦力的矢量合成，其最大值为附着系数与作用在路面上的垂直轮荷的乘积。当车辆受一定横向力作用时，其轮胎和路面纵向作用力最大值不超过最大摩擦力按横向力方向分解后得到的纵向分量值。

轮胎与路面的附着系数 φ_0 取潮湿状态的值并不是说只适合潮湿状态，而考虑到一般道路条件下较不利的情况，这与道路设计规范中确定停车视距进行计算时轮胎与路面的附着系数的取值考虑是一致的，也相对偏安全。需要说明潮湿状态和路面有明显积水、结冰是不一样的，前者道路运行状态是正常通行，后者道路运行状态属于灾害气象下的运营安全管控。

6.6 养护作业路段

6.6.1 对交通运营安全产生影响的养护作业，宜进行安全性评价。

6.6.2 城镇化地区高（快）速路在养护作业期间，应对交通组织对路网的影响进行全面的安全性评价。评价内容应涵盖作业期间交通流的变化、夜间照明条件对作业区交通安全的影响，以及潜在的交通冲突风险。

6.6.3 城镇化地区高（快）速路养护作业期间，应对养护作业区内部及上下游的交通组织进行评价，包括以下内容：

- a) 应通过交通调查和分析，基于养护作业区及上下游路段交通运行状态，并结合运行速度、车距、车流交织及车道宽度等因素，评价潜在交通冲突和安全隐患；
- b) 应评价临时设置的防撞车、交通标志、标线、照明设施、诱导设备等设施的合理性与有效性，特别是在夜间条件下的可视性和易识别性。

6.6.4 城镇化地区高（快）速路养护作业区路网交通组织评价应包括以下内容：

- a) 分析分流道路的几何特征、通行能力以及对主要交通流的适应性；
- b) 评估养护作业期间交通流量的变化，以及路网整体的承载能力；
- c) 对养护作业区内及周边的交通组织方案进行评价。

6.6.5 其他可能影响交通运营安全的涉路施工作业，宜按照养护作业段相关规定进行安全性评价。

6.7 其他风险路段

6.7.1 应充分考虑交通时空分布的不均匀性，对下列路段的交通冲突类型和交通冲突的严重程度进行评价：

- a) 集散车道；
- b) 辅助车道；
- c) 复合式高快速路上下层之间的匝道；
- d) 同向分离路段的分合流区域；
- e) 主辅路之间的出入口；
- f) 安全附属设施密集的出入口和匝道；
- g) 其他可能存在交通冲突的路段。

条文说明

安全附属设施密集是指在高快速的出入口和匝道上设置的交通标志数量超过了《道路交通标志和标线》（GB 5768.2-2022）规定的正常情况下均应设置的标志数量（即“必须”和“应”条款），如在出入口路段和匝道上设置了旅游区标志、路外设施指引标志等。

6.7.2 受气象条件影响严重的路段，如雨雾冰雪风天、晴天、阴天、多云等气象的影响，及背阴、向阳等因光照条件导致的影响车辆运行的环境条件，应对交通气象监测与警示设施设置情况进行评价。

条文说明

气象对交通运行的影响体现在对车辆运行的影响和对驾驶员视认的影响，而据此可以将气象对交通运行的影响划分为直接影响和间接影响，但是，该分类隐含了一个假设：即驾驶员能够完全认知到直观影响并在操控刹车、油门、方向盘的过程中符合气象的客观变化。很多的事故数据表明，驾驶员对气象的影响往往是认识不足的，如黑冰路面、薄层积水路面等，因此本条提出对监测与警示气象的设施进行评价。

7 评价结论与报告

7.1 评价结论

- 7.1.1 评价结论内容应包括总体评价结论和专项评价结论。
- 7.1.2 总体评价结论应明确城镇化地区高（快）速路总体交通安全状况。
- 7.1.3 专项评价结论应明确存在的主要安全风险并提出相应的改善建议。

7.2 评价报告

- 7.2.1 单独形成专项评价报告时，评价报告应按附录 F 的格式进行编制，幅面采用 A4 大小，且装订应在左侧。
- 7.2.2 评价结论与建议应包括对城镇化地区高（快）速路的总体安全性评价结果、识别出的主要安全隐患和风险源、针对发现的问题提出的改进建议和风险控制措施、对项目后续阶段应关注的重点安全问题的建议、进一步的监测和评估建议等内容。
- 7.2.3 评价报告正文应由概述、评价项目概况、总体评价、专项评价、评价结论与建议等部分组成。
 - a) 概述部分应阐明安全性评价的背景及目的、评价依据和评价过程；
 - b) 评价项目概况应包括评价项目概况应包括城镇化地区高（快）速路的基本情况，如路线长度、车道数、设计标准、交通流量、路段功能、周边环境以及项目的建设背景和历史等内容；
 - c) 总体评价应对城镇化地区高（快）速路的安全性、路网运行的影响、主要技术指标、改扩建路段的现状与设计指标进行全面评价，并核查上一阶段安全性评价的反馈落实情况；
 - d) 专项评价应对城镇化地区高（快）速路结构物间距受限路段、复合式互通式立体交叉路段、多车道宽幅路面路段、小半径平曲线路段、其他风险路段、养护作业路段等进行评价。

附录 A (规范性) 驾驶模拟实验流程

A.1 一般规定

驾驶模拟实验流程总体包括设备选型、实验设计、实验准备、实验实施。

A.2 设备选型

A.2.1 实验设备应包含驾驶模拟器和辅助仪器。

A.2.2 驾驶模拟器应根据实验场景需要和复杂程度,选用固定底座驾驶模拟器、多自由度驾驶模拟器,收集车辆运行数据。对于线形组合、桥梁、隧道、互通式立体交叉等特殊路段,宜采用多自由度驾驶模拟。

A.2.3 辅助仪器应根据实验实际需要,选用眼动仪、脑电仪、血氧仪等收集驾驶员生理心理数据。

A.3 实验设计

A.3.1 实验设计包括实验场景设置、被试选取、实验顺序安排和实验数据选取。

A.3.2 实验场景设置应确定以下内容:

- d) 确定气象、光照、路面条件等实验环境;
- e) 针对有车辆间交互需求的场景,实验中应增加环境交互车辆。

A.3.3 被试选取应考虑样本量和样本组成,并应符合下列规定:

- a) 被试的样本量应不少于 30 人;
- b) 样本组成应包括道路、交通设计专业人员,样本的性别、年龄、驾龄分布宜参考交通管理部门公布的驾驶人特征信息。

A.3.4 应以交叉实验方法安排实验顺序以降低被试的学习效应影响。

A.3.5 应选取实验所需采集的车辆运行数据和驾驶员生理心理数据。其中,车辆运行数据应至少包括速度、纵向加速度、横向加速度、轨迹偏移;驾驶员生理心理数据按需选取。

A.4 实验准备

A.4.1 实验准备包括实验场景建模、实验人员准备和预实验。

A.4.2 实验场景建模的对象应包括三维道路、交通环境、实验车辆。

A.4.3 实验人员准备应包括主试实验交底、被试招募。

A.4.4 应按实验设计开展预实验,校核实验设计合理性、数据采集完整性,测算实验时长,并结合预实验开展情况优化实验设计。

A.5 实验实施

A.5.1 实验实施的流程应包括实验指导、试驾、正式实验和实验收尾等四个阶段。

A.5.2 实验指导阶段,主试应向被试介绍实验目的、实验要求和实验设备操作方法,被试签署实验知情同意书、填写基本信息问卷。

A.5.3 试驾阶段,应选取与正式实验特征相近的场景开展试驾,时长约5分钟。

A.5.4 正式实验阶段,应按实验设计开展并采集实验数据。

A.5.5 实验收尾阶段,被试填写公路线形、交通标志和标线的主观评价问卷。

A.5.6 完成所有被试的实验后,应校核被试数据有效性。

附录 B (规范性) 自然驾驶实验流程

B.1 一般规定

自然驾驶实验总体流程包括实验设备选型、实验设计、实验准备、实验实施。

B.2 设备选型

B.2.1 实验设备应包含实验车辆、交通环境采集设备、驾驶行为采集设备和数据记录与存储设备。

B.2.2 实验车辆应选用取得机动车检验合格证书,具备上路行驶的小汽车、大客车或大货车,并且有足够的空间和供电能力安装交通环境采集设备和驾驶行为采集设备。

B.2.3 交通环境采集设备主要是采集道路环境、周边车辆的位置和运行状态,通常包括前后摄像头、毫米波雷达、激光扫描仪、GPS等设备。

B.2.4 驾驶行为采集设备主要是采集驾驶人的注视点、面部表情、油门控制开度、刹车踏板开度、方向盘转角、车速等驾驶行为,通常包括眼动仪、摄像头、加速度仪等外置设备,以及通过OBD或CAN通讯方式获得的车辆速度、油门开度、刹车踏板开度、方向盘转角等接口设备。

B.2.5 数据记录与存储设备主要是把交通环境采集设备和驾驶行为采集设备采集的实时数据以数据文件的形式记录并保存的设备,主要包括数据同步记录模块(硬件或软件)、存储设备(硬盘或存储卡)等。

B.3 实验设计

B.3.1 实验设计包括实验场景选取、被试选取和实验数据选取。

B.3.2 实验场景选取应确定以下内容:

- a) 确定气象、光照、路面条件等道路环境;
- b) 根据交通量、交通组成确定实验时间。

B.3.3 被试选取应考虑样本量和样本组成,并应符合下列规定:

- a) 被试的样本量应不少于 30 人;
- b) 样本组成应包括职业驾驶员、一般驾驶员等,样本的性别、年龄、驾龄分布宜参考交通管理部门公布的驾驶人特征信息。

B.4 实验准备

B.4.1 实验准备包括实验场景现场踏勘、实验人员准备和预实验。

B.4.2 实验场景现场踏勘应确认实验时间段和实验路段的道路交通环境的符合性。

B.4.3 实验人员准备应包括实验交底、被试招募。

B.4.4 应按实验设计开展预实验,校核实验设计合理性、数据采集完整性,测算实验时长,并结合预实验开展情况优化实验设计。

B.5 实验实施

B.5.1 实验实施的流程应包括实验指导、试驾、正式实验和实验收尾等四个阶段。

B.5.2 实验指导阶段,主试应向被试介绍实验目的、实验要求和实验设备操作方法,被试签署实验知情同意书、填写基本信息问卷。

B.5.3 试驾阶段,应选取与正式实验特征相近的场景开展试驾,时长不少于10分钟。

B.5.4 正式实验阶段,应按实验设计开展并采集实验数据。

B.5.5 实验收尾阶段,被试填写公路线形、交通标志和标线的主观评价问卷。

B. 5. 6 完成所有被试的实验后，应校核被试数据有效性。

附录 C (规范性) 安全性等级评价流程

C.1 隧道出入口间距受限路段安全性等级评价可按以下步骤进行：

- a) 按照公式 (C.1) 计算出过渡参数 βX ；
- b) 按照公式 (C.2) 计算隧道出入口间距受限路段各类安全等级对应的风险概率；
- c) 在各类安全等级对应的风险概率值中取最大的数值为风险概率；
- d) 根据风险概率对应的安全等级类型，确定安全性等级。

$$\beta X = -0.98L + 1.17N + 3.09F + 0.66S \dots\dots\dots (C.1)$$

$$\begin{cases} P(j=vl) = \frac{\exp(1.00 - \beta X)}{1 + \exp(1.00 - \beta X)} \\ P(j=l) = \frac{\exp(3.00 - \beta X)}{1 + \exp(3.00 - \beta X)} - P(j=vl) \dots\dots\dots (C.2) \\ P(j=m) = \frac{\exp(5.30 - \beta X)}{1 + \exp(5.30 - \beta X)} - P(j=l) - P(j=vl) \\ P(j=h) = T \times E \times (1 - \frac{\exp(5.30 - \beta X)}{1 + \exp(5.30 - \beta X)}) \end{cases}$$

式中：

- βX ——过渡参数，综合反应道路几何特征和交通运行环境的中间变量；
- L ——间距受限路段长度系数，单位为100m（例如，长度为1000m时取值为10）；
- N ——主线车道数系数，反映主线车道数量对安全性影响的调整系数，5车道时为2，4车道时为1.5，3车道时为1，2车道为0；
- F ——交通流状态系数，用于评价不同交通流状态下道路运行安全性的调整系数，高密度状态（大于1200pcu/（ln·h））为1，低密度状态为0；
- S ——主线限速系数，单位为10km/h（例如，限速100km/h时取值为10）；
- $P(j)$ ——第 j 类安全等级对应的概率（0~1）， $j = vl、l、m、h$ 分别对应安全性等级很低、低、中、高；
- T ——交通流系数，综合反映交通流特性对道路安全性和通行能力影响的调整系数，当分流车辆占比高于20%~30%时取1.2，否则为1.0；
- E ——交通环境系数，衡量外部环境因素对道路安全性和通行能力影响的调整系数，根据隧道环境和当地气候选取，不利条件下为1.1，否则为1.0。

C.2 互通式立体交叉出入口非自由流路段安全性等级评价可按以下步骤进行：

- a) 非自由流评价适用于工程可行性研究阶段；
- b) 非自由流评价应重点考虑几何影响因素和交通流影响因素；
- c) 应考虑包含间距受限段长度、间距受限段车道数等几何线形要素；
- d) 应考虑包含间距受限段交通量、交织流量比、汇出比等交通流因素；
- e) 非自由流评价安全性分级标准应符合表附 C.1 的要求；

表 C.1 非自由流评价安全性等级大小

安全性等级	高	中	低	很低
ATC（次/pcu·km）	ATC <2.0	2.0 ≤ ATC <3.8	3.8 ≤ ATC <5.0	5.0 ≤ ATC

- f) 非自由流评价指标宜选用车公里冲突率（ATC），按公式 (C.3) 计算；

g) 应针对评价结果进行安全性影响因素分析。

$$ATC = (0.964, 0.246, 1.101, 0.986, 1.043) \left[\begin{array}{l} 2.637L^2 - 5.5675L + 3.7023 \\ -0.0922N^2 + 1.3747N - 2.1747 \\ 3 \times 10^{-9}Q^2 + 0.0003Q + 0.8456 \\ 17.95QR^2 - 9.821QR + 2.547 \\ 11.093R^2 - 1.4707R + 1.0706 \end{array} \right] - 8.254 \dots (C.3)$$

式中：

- ATC ——车公里冲突率，既间距受限段运行风险值；
- L ——间距受限段长度（m）；
- N ——间距受限段车道数；
- Q ——间距受限段交通量（pcu/h）；
- QR ——交织流量比，交织区内交织流量占总交通量的比例（0~1）；
- R ——汇出比，交织区内汇出车辆占交织流量的比例（0~1）。

C.3 互通式立体交叉出入口自由流路段安全性等级评价可按以下步骤进行：

- a) 自由流评价指标宜选用风险指数得分 RIS ，自由流评价安全性等级宜选用风险指数得分 RIS 进行分级，并符合表附 C-2 的规定；

表 C.2 自由流评价安全性等级大小

安全性等级	高	中	低	很低
RIS	$[0, 0.36)$	$[0.36, 0.6)$	$[0.60, 0.90]$	$[0.90, 1]$

- b) 风险指数得分 RIS 应按照公式（C.4）计算；
- c) 减速度指数 R_a 应按照表 C.3 选取。

$$\left\{ \begin{array}{l} RIS = \alpha \times R_v + \beta \times R_h + \gamma \times R_a \\ R_v = \max(0, \frac{V_a - V_b}{V_a}) \\ R_h = \max(0, 1 - \frac{h}{h_s}) \end{array} \right. \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- RIS ——风险指数得分；
- R_v ——车间速度差指数；
- R_h ——车头间距指数；
- R_a ——减速度指数
- α ——车间速度差指数的权重，建议取0.193；
- β ——车头间距指数的权重，建议取0.724；
- γ ——减速度指数的权重，建议取0.083；
- V_a ——后车速度（km/h）；
- V_b ——前车速度（km/h）；
- h ——前后车间距（m）；
- h_s ——最小安全行车间距（km/h）。

表 C.3 危险程度和减速度对应减速度指数值

危险程度	安全	较安全	较危险	很危险
$ a / (ms^{-2})$	<2	2-3	3-6	>6
R_a	0	0.2	0.5	1

其中， $|a|$ 为减速度绝对值。

附录 D
(规范性)
交通仿真实验流程

D.1 交通仿真实验可通过交通仿真软件开展。

D.2 交通仿真实验可按照图附 D.1 所示流程进行，具体包括以下几个步骤：

- a) 应首先确定交通量及交通组织方案，包括道路上车辆的数量、类型及交通管理策略等因素；
- b) 应收集道路的几何参数，包括道路的宽度、车道数量、坡度、曲线半径等；
- c) 在确定了交通量、交通组织方案和几何参数后，宜构建仿真道路模型，以作为仿真实验的基础；
- d) 应对初步构建的仿真道路模型进行测试，初步评判仿真结果的符合性，并评价交通流仿真结果是否与实际情况相符；
- e) 若仿真结果偏差较大，应返回并修改道路参数，调整模型以更好地反映实际交通状况；
- f) 在模型调整至满意状态后，应进行正式的仿真运行；
- g) 仿真运行结束后，应输出交通冲突文件，作为统计交通冲突情况的主要数据源；
- h) 宜基于输出的文件，统计仿真过程中的交通冲突次数，以分析交通流的安全性和稳定性。

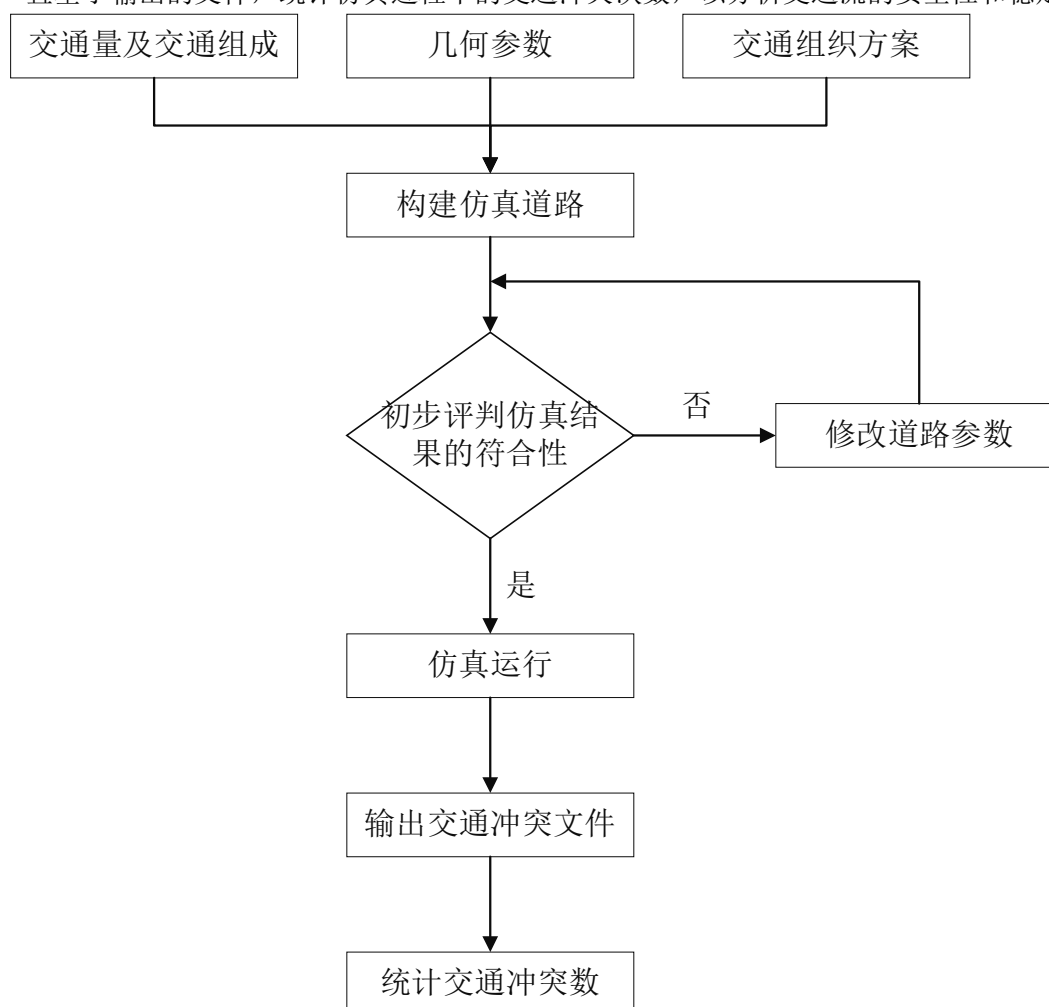


图 D.1 交通仿真实验流程图

附 录 E (资料性) 水流场仿真计算流程

E.1 水流场仿真实验可通过水流场仿真软件开展。

E.2 以 DHI Mike 为例, 水流场仿真实验流程如下:

- a) 创建二维网格地形文件:
利用道路设计软件根据道路设计参数绘制道路中央分隔带边线、行车道边线、路肩边线和横断面线等相应的空间曲线, 创建三维边界网格曲面, 再将边界网格分解为离散的三维面, 对每个三维面提取坐标信息, 生成 Mike 软件所需的后缀名为 .xyz 的 ASCII 数据格式, 并导入到 Mike21 中, 用 Export Mesh 命令输出 mesh 文件。
- b) 模型运行参数设置:
在 Mike21 模块中设置仿真计算时间、干湿边界、底摩擦力、降雨-蒸发等参数。
- c) 创建一维排水管网模型:
在 ArcGIS 中生成包含管网数据的 ShapeFile 文件 (*.shp), 新建 Mike Urban 模型文件, 利用 Import/Export Wizard 工具导入生成的 ShapeFile 文件, 建立排水管网概化图, 创建一个类型为 Network 的模拟场景。
- d) 构建一二维水动力耦合模型:
在 Mike Flood 耦合模型平台上创建城市连接 (Urban Link), 将一维排水管网模型 Mike Urban 与二维路表漫流模型 Mike21 耦合起来。耦合模型主要通过集水井进行管网模型和路表漫流模型之间水流的交换。
- e) 仿真计算与结果输出:
通过改变道路线形、雨型、降雨强度、地表曼宁粗糙系数等参数可以计算出不同条件下水膜厚度分布规律, 包括最大水膜厚度所在位置、平均水膜厚度、大于某厚度的积水面积等。

E.3 降雨强度可按式 E.1 进行估算:

$$q_{p,t} = \frac{A(1+B \lg P)}{(t+C)^D} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

$q_{p,t}$ ——设计降雨强度 ($L/(hm^2 \cdot s)$);

P ——设计重现期 (a);

t ——降雨历时 (min);

A、B、C、D——经验系数, 广东各地降雨强度经验系数的取值可参照表 E.1:

表 E.1 广东各地降雨强度经验系数

城市	区域	经验系数			
		A	B	C	D
广州市	中心城市	13290.630	0.607	39.126	0.956
	花都区	4052.127	0.607	25.587	0.729
	从化区	3589.127	0.438	16.816	0.721
	番禺区	3716.771	0.750	18.390	0.776
	增城区	1964.595	0.672	8.025	0.613
	黄埔区*	$10699.523/(t+30.544)^{0.806}$			
深圳市	主城区	1450.239	0.594	11.13	0.555
珠海市	珠海市区	847.172	0.659	5.373	0.391
	斗门区	4288.206	0.658	30.945	0.736
汕头市	中心城区	1602.902	0.633	7.149	0.592

表 E.1 广东各地降雨强度经验系数(续)

城市	区域	经验系数			
		A	B	C	D
佛山市	禅城区 南海区*	$8221.41/(t+14.4660)^{0.835}$			
	顺德区*	$3368.724/(t+8.630)^{0.654}$			
	三水区 高明区*	$3871.227/(t+9.354)^{0.684}$			
韶关市	主城区 乐昌区 南雄市	1552.332	0.565	9.085	0.611
河源市	市区*	$1997.320/(t+4.338)^{0.552}$			
梅州市	市区	7866.034	0.651	22.811	0.954
惠州市	市区	1877.373	0.438	8.131	0.598
汕尾市	中心城区	$(8.923+5.31141\lg P)/(t+22.6432)^{0.5165}$			
东莞市	市区	3717.342	0.503	14.533	0.729
中山市	五桂山以北地区	1829.552	0.444	6.000	0.591
江门市	市区	2283.662	1.128	11.663	0.662
阳江市	市区	2098.401	0.412	13.591	0.539
湛江市	市区	4123.986	0.607	28.766	0.693
茂名市	市区	1861.341	0.360	5.590	0.567
肇庆市	中心城区	4693.651	0.529	13.023	0.812
清远市	市区*	$5740.458/(t+14.543)^{0.729}$			
潮州市	市区	1248.850	0.621	3.500	0.561
揭阳市	市区	1928.647	0.477	9.608	0.642
云浮市	中心城区	2439.377	0.399	8.247	0.619
*为10年重现期的预估公式。					

附 录 F
(规范性)
评价报告及封面与扉页格式

F.1 评价报告宜包括下列内容：

- a) 封面；
- b) 扉页；
- c) 目录；
- d) 正文；
- e) 附录。

F.2 图 F.1 给出了评价报告封面的格式。评价报告封面宜包括下列内容：

- a) 评价项目名称；
- b) 标题宜统一为“城镇化地区高（快）速路安全性评价报告”；
- c) 承担单位名称；
- d) 报告完成日期。

F.3 图 F.2 给出了评价报告扉页的格式。扉页宜包括下列内容：

- a) 评价项目名称；
- b) 标题宜统一为“城镇化地区高（快）速路安全性评价报告”；
- c) 承担单位负责人、技术负责人、项目负责人及主要参加人员姓名；
- d) 承担单位名称及公章或技术成果章；
- e) 公路安全评价报告完成日期。

评价项目名称（二号宋体加粗）

城镇化地区高（快）速路 安全性评价报告

（一号黑体加粗）

承担单位名称（三号宋体加粗）

评价报告完成日期（三号宋体加粗）

图 F.1 评价报告封面格式

评价项目名称（二号宋体加粗）

城镇化地区高（快）速路 安全性评价报告

（一号黑体加粗）

单位负责人：（四号宋体加粗）

技术负责人：（四号宋体加粗）

项目负责人：（四号宋体加粗）

主要参加人员：（四号宋体加粗）

承担单位名称及用章（四号宋体加粗）

承担单位资质证书名称及编号（四号宋体加粗）

评价报告完成日期（四号宋体加粗）

图 F.2 评价报告扉页格式

参 考 文 献

- [1] JTG B01 公路工程技术标准
 - [2] JTG D20 公路路线设计规范
 - [3] JTG D81 公路交通安全设施设计规范
 - [4] JTG 2112 城镇化地区公路工程技术标准
 - [5] JTG 5110 公路养护技术标准
 - [6] JTG/T D21 公路立体交叉设计细则
 - [7] JTG/T D81 公路交通安全设施设计细则
 - [8] JT/T 1375.1 公路水运工程施工安全风险评估指南
 - [9] CJJ 129 城市快速路设计规程
 - [10] CJJ 37 城市道路工程设计规范
-