

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号



团 体 标 准

T/XXX XXXX—XXXX

城市建成区高（快）速路交通运行风险 智能防控技术规范

Specification for intelligent prevention and control of traffic operation risks on
expressway in urban built-up areas

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

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	2
5 交通调查与风险路段预判	2
5.1 调查与资料收集	2
5.2 高风险路段预判	2
6 运行状态监测与风险诊断	3
6.1 一般规定	3
6.2 弯坡组合段	3
6.3 隧道（出入口）间距受限路段	3
6.4 互通立交（出入口）间距受限路段	4
6.5 气象灾害易发路段	4
6.6 道路养护作业段	5
6.7 其他风险路段	6
6.8 线域风险诊断	8
7 智能防控	9
7.1 一般规定	9
7.2 弯坡组合路段	9
7.3 隧道（出入口）间距受限路段	9
7.4 互通立交（出入口）间距受限路段	10
7.5 气象灾害易发路段	10
7.6 道路养护作业段	11
7.7 其他风险路段	12
7.8 线域防控	12
7.9 防控后评估	13
附 录 A （规范性） 道路养护作业段风险诊断	14
A.1 交通因素（指标 A）	14
A.2 道路因素（指标 B）	15
A.3 作业区类型（指标 C）	17
A.4 环境因素（指标 D）	17
A.5 综合评价指标	17
参 考 文 献	19

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。

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这些专利的责任。

本文件由广州机场第二高速公路有限公司提出并组织实施。

本文件由广东省公路学会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

引 言

为规范城市建成区高（快）速路交通运行风险智能防控技术，确保城市建成区高（快）速路运营安全与效率，编制组依托科技攻关项目在交通调查与风险路段预判、运行状态监测与风险诊断、智能防控等方面取得的成果，结合城市建成区高（快）速路交通运行风险智能防控的实践经验，编制本文件。

城市建成区高（快）速路交通运行风险 智能防控技术规范

1 范围

本文件规定了城市建成区高（快）速路交通运行风险智能防控中交通调查与风险路段预判、运行状态监测与风险诊断、智能防控的要求。

本文件适用于城市建成区已通车或通车运营的改扩建高速公路和城市快速路的交通运行风险智能防控。

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 道路交通标志与标线

GB 5768.2-2022 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志

GB 5768.4-2017 道路交通标志和标线 第4部分：作业区

GB 50688 城市道路交通设施设计规范

JTG H30-2015 公路养护作业安全规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市建成区高（快）速路 Expressway in urban built-up areas

在城市建成区专供汽车分向行驶、分车道行驶，设有中央分隔带，全部控制出入的多车道道路，包括高速公路和城市快速路。

3.2

间距受限路段 Segment with Restricted Spacing

在城市区域高（快）速路上，由于相邻设施或结构物（如桥梁、隧道、互通立交、收费站、服务区等）出入口（起终点）间的距离较短，导致车辆在有限的空间内难以完成正常的加速、减速、变道或合流操作的路段。

3.3

路侧边控制系统 Roadside control system

面向高风险场景的路侧交通运行风险智能防控系统，具备道路交通环境运行状态实时检测、运行状态研判和定向管控等功能。路侧边控制系统优先满足实时防控，同时可接受线域智能防控系统的指令。

3.4

定向预警 Directional warning

在特定的路段上（通常为高风险路段）对在途车辆进行运行状态实时检测，根据前方道路交通环境及周边车辆运行状态，对高风险运行状态特定车辆进行有针对性的预警。

3.5

线域智能防控系统 Intelligent prevention and control system for Long linear range

针对单条多风险工况组合的高（快）速路进行协同智能防控的管控系统，具备交通事件推断发现、

高风险事件提前预警、各防控设施协同管控等功能。

4 基本规定

4.1 实施城市建成区高（快）速路交通运行风险智能防控应包括道路交通运行状态调查、运行状态监测与风险诊断、智能防控决策与信息发布等流程。

4.2 城市建成区高（快）速路应开展常态化交通运行风险防控，宜根据道路实际情况制定更为详细和适用的风险防控频率和期限要求。

4.3 城市建成区高（快）速路应重点针对隧道出入口间距受限路段、互通立交出入口间距受限路段、复合式互通立交路段、气象灾害易发路段、弯坡组合路段、道路养护作业段、其他风险路段以及重大交通事件运用智能化的手段进行风险防控。

5 交通调查与风险路段预判

5.1 调查与资料收集

5.1.1 风险监测和诊断前应开展交通调查，交通调查包含资料收集和交通数据观测，收集或观测道路线形、技术状况、交通运行状态、气象环境等资料。

5.1.2 交通运行状态主要包括交通量、交通组成、交通事故、运营情况和交通组织设计、交通组织配套设施设计等方面的情况。

5.1.3 宜采用交通数据统计分析和公路使用者问卷调查等方法进行资料收集，收集资料宜包括下列内容：

- a) 近3年及以上的交通量、交通组成及运行车速等统计资料；
- b) 近3年及以上的交通事故详细资料，包括事故发生的时间、地点、天气状况、事故形态、事故原因、伤亡人数、事故车型等信息；
- c) 相关设计文件，包括施工图或竣工图等资料；
- d) 已实施交通组织管理资料及其他交通安全相关资料；
- e) 节假日和恶劣天气及自然灾害发生时的交通量、交通流向和交通组成等资料。

5.1.4 宜采用现场观测和实地驾驶等方法对交通量较大路段或交通事故频发路段、急弯陡坡、连续上坡、连续长陡下坡、特大桥、长隧道及隧道群、互通式立体交叉等路段进行交通观测，宜满足下列内容：

- a) 交通观测内容应包括交通平峰期和高峰期的路段整体交通流量、交通组成、车辆运行速度、分车道交通流量及交通组成，互通式立体交叉转向交通量及运行速度等。
- b) 根据交通观测路段的限制速度，交通观测最小样本量应满足表1的要求。

表1 交通观测最小样本量

限制速度/（km/h）	40	50	60	80	90	100	110	120
样本量/辆	55	65	85	110	130	155	200	275

5.2 高风险路段预判

5.2.1 应依据历史事故或风险观测数据，预判高风险路段及其诱发交通运行风险的致因。

5.2.2 应对事故频发路段或拟进行交通风险防控路段应进行断面速度现场观测并进行事故或风险分析，分析时应考虑以下方面：

- a) 根据交通事故的空间分布对事故频发路段进行鉴别，确定其起、终点范围，并分析事故频发原因；
- b) 对典型的重大、特大交通事故进行个案分析；
- c) 评价高风险路段的交通组织管理方法、风险防控设施和应急救援预案的有效性和可行性。

5.2.3 在风险分析中，应结合不同类型的风险源进行分类。风险源应包括但不限于以下类型：弯坡组合段、隧道（出入口）间距受限路段、互通立交（出入口）间距受限路段、气象灾害易发路段、道路养护作业段，以及其他风险路段（如匝道、辅助车道、集散车道、改扩建路段、服务区和收费站等）。

6 运行状态监测与风险诊断

6.1 一般规定

- 6.1.1 应在高风险路段预判的基础上确定运行状态监测的重点路段。
- 6.1.2 面向高风险路段智能防控需求的运行状态监测数据应在路侧边进行存储和实时处理。
- 6.1.3 当道路存在两种及以上风险源组合时，应采用线域风险诊断。
- 6.1.4 路侧边智能防控系统应具备向其它路侧边系统或线域防控平台传输监测数据及管控措施的能力。
- 6.1.5 路侧边智能防控系统应具备该风险路段实时风险诊断能力，线域防控平台应具备线域风险诊断的能力。

6.2 弯坡组合段

- 6.2.1 弯坡组合段应设置车速及车型检测设备，位于缓圆点前 7~9 秒设计车速行程处，具体功能和参数详见通用检测设备部分。
- 6.2.2 弯坡组合段应按照公式（1）计算富余附着系数，并按表 2 对风险等级进行评价。

$$\text{富余系数} = \sqrt{\varphi_0^2 - \left(v_t^2 \times \left(\frac{1}{R} + 0.0025 \right) / 9.8 - i_c \right)^2} + i_l \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- v_t ——实际检测的车辆速度；
- i_c ——为道路横坡；
- i_l ——为道路纵坡，上坡为正；
- R ——曲线半径；
- φ_0 ——路面附着系数，冰面取0.18，积雪取0.35。

表2 冰雪湿滑路段风险分级

风险等级	很高	高	一般	低
富余附着系数	<0.15	0.15~0.25	0.25~0.35	>0.35

6.3 隧道（出入口）间距受限路段

- 6.3.1 隧道（出入口）间距受限路段应包含隧道出口间距受限路段、隧道入口间距受限路段。其中，隧道出口间距受限路段包含隧道出口-互通立交（服务区、停车区）出口路段、隧道出口-桥梁起点路段；隧道入口间距受限路段包含互通立交（服务区、停车区）入口-隧道入口路段、桥梁终点-隧道入口路段。
- 6.3.2 隧道（出入口）间距受限路段交通运行风险的影响因素应包括隧道内外亮度差、运行速度、运行速度差、交通流状态、突发事件等。
- 6.3.3 隧道（出入口）间距受限路段风险监测设备的选定和布设应符合下列规定：
- 隧道出口间距受限路段风险监测设施应包含交通状态监测设备、气象环境监测设备、光环境监测设备等。交通状态监测设备应布设在隧道出口外主线、互通立交（服务区、停车区）出口匝道、桥梁；气象环境监测设备应布设在隧道出口外；光环境监测设备应布设在隧道内、隧道出口外；
 - 隧道入口间距受限路段的风险监测设施应包含交通状态监测设备、光环境监测设备等，布设在入口主线、入口匝道、隧道内。交通状态监测设备应布设在隧道内；光环境监测设备应布设在隧道内、隧道入口前；
 - 设备布设位置应符合《道路交通标志与标线》（GB 5768）和《城市道路交通设施设计规范》（GB 50688）的规定。
- 6.3.4 风险诊断应根据《城市区域高（快）速路安全性评价规范》的相关规定，结合交通观测和自然驾驶实验，综合路段空间线形组合形式及指标、出入口间距、交通流状态、气象环境、光环境、现行管控措施等进行。

6.4 互通立交（出入口）间距受限路段

6.4.1 互通立交（出入口）间距受限路段应包含单体互通立交变速车道间距受限路段、相邻互通立交间距受限路段（互通立交-服务区（停车区））、复合式互通立交路段。

6.4.2 互通立交（出入口）间距受限路段交通运行风险的影响因素应包括运行速度、运行速度差、交通流状态、突发事件等。

6.4.3 互通立交（出入口）间距受限路段风险监测设施应包含交通状态监测设备、路面湿滑状态检测设施等，布设在辅助车道（集散车道）、出入口匝道、交织区等。设备布设位置应符合《道路交通标志与标线》（GB5768）和《城市道路交通设施设计规范》（GB 50688）的规定。

6.4.4 风险诊断应根据《城市区域高（快）速路安全性评价规范》的相关规定，结合交通观测和自然驾驶实验，综合路段空间线形组合形式及指标、视距、交通流状态、交通组成、是否交织区、现行管控措施等进行。

6.5 气象灾害易发路段

6.5.1 气象灾害易发路段应布设能见度检测设施、路面湿滑状态检测设施、风向风速检测设施等气象灾害监测设施，应满足以下规定：

- a) 能见度检测设施应符合下列功能要求：
 - 1) 应能检测雾、雨、雪、冰雹等灾害性天气下的能见度；
 - 2) 应具备监测数据的本地存储和上传功能；
- b) 能见度检测设施应满足下列性能要求：
 - 1) 测距 5~10km
 - 2) 精度 $\pm 10\%$ ($< 500\text{m}$)； $\pm 15\%$ ($500\sim 10000\text{m}$)；
 - 3) 工作温度 $-25\sim +60^{\circ}\text{C}$ ；
 - 4) 工作湿度 0~100%
- c) 路面湿滑状态检测设施应符合下列功能要求：
 - 1) 可实现对路面覆盖物水、冰、雪的种类、厚度及湿滑系数进行实时监测；
 - 2) 应实时检测路面干、潮、湿、积水的状态，输出路面水的状态、厚度及湿滑系数等参数，为道路气象信息系统提供道路湿滑报警信息；
 - 3) 应具备监测数据的本地存储和上传功能；
- d) 路面湿滑状态检测设施应满足下列性能要求：
 - 1) 量测厚度 水 0~5mm，冰 0~5mm，雪：0~10mm，分辨率 0.1mm；
 - 2) 精度 $\pm 10\%$ ($< 500\text{m}$)； $\pm 15\%$ ($500\sim 10000\text{m}$)；
 - 3) 温度 $-40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，湿度 0~100%RH；
 - 4) 测量范围：距离 2~18m；角度 $30\sim 90^{\circ}$ ；
- e) 风向风速检测设施应符合下列功能要求：
 - 1) 可实现风速和风向的实时监测；
 - 2) 应具备监测数据的本地存储和上传功能；
- f) 风向风速检测设施应满足下列性能要求：
 - 1) 量测范围 0~60m/s；
 - 2) 精度 $\pm 0.5\text{m/s}$ ；
 - 3) 动态响应时间 $\leq 0.5\text{s}$ 。

6.5.2 气象灾害监测设施布设应满足下列规定：

- a) 能见度检测设施应布设在团雾多发区、降雨频发区；
- b) 路面湿滑状态检测设施应布置在最大水膜厚度位置（通常位于超高过渡段的零坡位置附近，可以通过水流场仿真准确获得）、冬季易发结冰的分界处（通常位于桥隧连接处桥梁侧、路基桥梁连接处桥梁侧）；
- c) 风向风速检测设施应布设在跨江大桥、桥隧群的连接敞开段、穿越山间峡谷的桥梁或路基段；
- d) 气象灾害监测设施应与速度、车型、交通流量、车辆横向位置等感知设备协同布设，以便对运行风险进行实时诊断。

6.5.3 气象灾害易发路段风险诊断应满足下列规定：

- a) 路侧边单元(系统)应具备根据实时监测的道路气象环境、实时交通运行状态等信息进行风险诊断的能力;
- b) 低能见度环境下风险诊断按照前后车辆以相同减速度(轮胎与路面的摩擦系数达到该道路工况下附着系数的90%)制动,考虑驾驶员3秒反应延迟,计算车辆制动距离差和最终相对位置,基于紧急制动后车辆间距离量化风险,并按表3对风险等级进行评价。

表3 低能见度路段风险分级

风险等级	很高	高	一般	低
紧急制动后车辆间距	<0	$0.25v_b$	$0.5v_b$	$>1v_b$
注: v_b 为后车开始减速时的车速(m/s)				

6.5.4 宽幅路面超高渐变段风险采用湿滑风险指数应按公式(2)进行计算,并按照表4对风险等级进行评价。

$$\text{湿滑风险指数} = v^2 h_w \dots\dots\dots (2)$$

式中:

v ——运行速度(m/s);

h_w ——水膜厚度(mm)。

表4 宽幅路面超高渐变段风险分级

风险等级	很高	高	一般	低
湿滑风险指数	>2500	1500~2500	1500~1000	<1000

6.5.5 冰雪湿滑路段应按照公式(1)计算富余附着系数,并按表2对风险等级进行评价。

6.6 道路养护作业段

6.6.1 道路养护作业段交通运行风险监测内容应包括行驶在该路段车辆的运行速度、运行速度差、交通流状态、交通组成等。

6.6.2 道路养护作业段交通运行风险监测设施应包含路面状况传感器、交通状态监测设备、路侧终端等。

6.6.3 临时交安设施等风险防控应符合下列要求:

- a) 临时标志应符合《道路交通标志和标线 第2部分:道路交通标志》(GB 5768.2-2022)的规定。
- b) 速度控制应满足中对控制区限速的基本规定。
- c) 安全防护设施应满足《公路养护作业安全规程》(JTG H30-2015)和《道路交通标志和标线 第4部分:作业区》(GB 5768.4-2017)要求。
- d) 对于特征路段的组合场景,需要考虑对于安全防护设施和交通组织方案的叠加使用和优化设置。

6.6.4 风险诊断应从四个方面分析:交通因素、道路因素、作业区类型因素和环境因素,评价指标体系见图1。

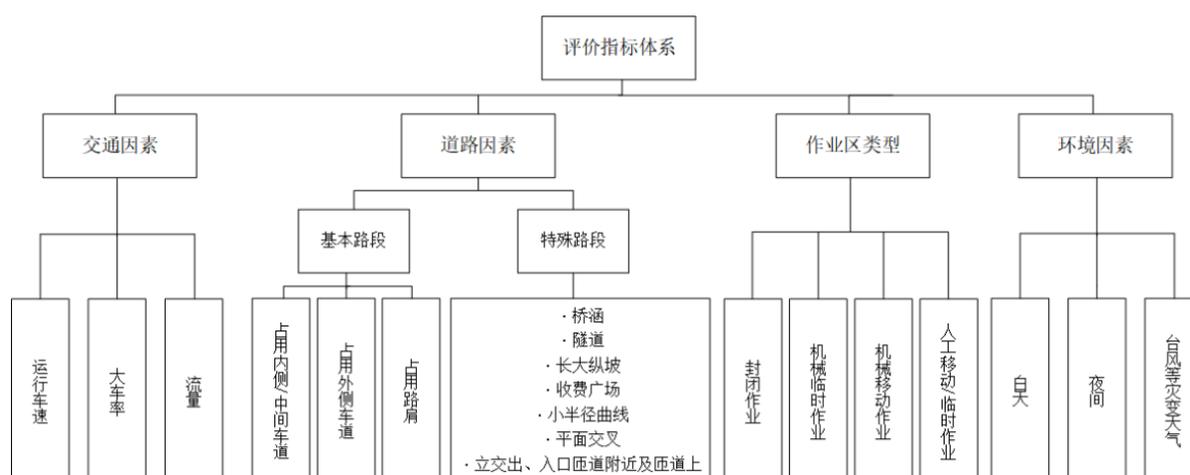


图1 评价指标体系

6.6.5 道路养护作业区风险等级应根据综合评价指标得分，按照表 5 进行评定，综合评价指标得分应按附录 A 计算。

表5 综合评价指标风险等级划分

风险等级	一级	二级	三级
综合评价指标得分	(85, 100]	(60, 85]	(0, 60]

6.7 其他风险路段

6.7.1 匝道路段的交通运行风险智能防控应包含防控匝道选定、风险因素分析、监测设备选定、风险诊断，并应符合下列规定：

- 运行 3 年及以上的高快速路风险防控匝道可根据近 3 年的历史事故数据选定；运行 3 年内、新建及改扩建的匝道根据服务交通量、匝道的线形技术指标和其衔接线形、匝道长度、气候环境等因素选定；
- 匝道路段交通运行风险的影响因素应根据历史事故特征、同类型匝道的运营管理经验、风险致因机理等共同确定；
- 监测设备的选定应根据风险因素进行选定，应优先利用现有设施与多要素综合采集设备。设备布设位置应符合《道路交通标志与标线》（GB 5768）和《城市道路交通设施设计规范》（GB 50688）的规定；
- 风险诊断应根据监测设备获取的数据构建风险评估模型，提出风险的分级标准、评估周期和数据存储要求。

条文说明

a) 全覆盖的匝道交通运行风险智能防控是不必要且不经济的，因此选择交通运行风险高的匝道是非常必要的。历史事故是反应路段运行安全的直接指标，因此对于运行时间3年及以上的高快速路，根据近3年的历史事故数据选定运行风险高的匝道。选用3年的原因是历史事故是人、车、路、环境系统作用的结果，车随时间的动态变化是难以忽视的，因此需要选择能够反应现状交通运行状况的历史事故数据。缺少历史事故的匝道，需要根据经验进行防控匝道的选定。一般来讲，服务交通量大时匝道容易因交通拥堵导致车辆之间冲突加剧、甚至会出现急刹车、紧急/连续换道、加塞等危险驾驶行为与违法驾驶行为，导致匝道的交通运行风险增大；匝道的线形技术指标是影响车辆运行的载体，而匝道路段因需要实现与相交道路的连接，需要在短距离内克服高差并调整方向，因此会形成弯坡组合路段，此外匝道断面与长度的组合会对救援的难度、；而匝道衔接线形的影响考虑的主要是匝道前的线形特征，避免形成长直线接小半径的线形组合；匝道长度受匝道断面类型的影响，匝道长度与断面类型共同决定了匝道路段的风险类型，单车道匝道的风险主要为跟驰风险和单车撞固定物风险，双车道匝道的风险还包括换道风险；同时，事故后的救援难度也不同，单车道匝道的救援难度更大，对通过匝道进出的交通流影响

也更大。气候环境因素通过改变驾驶员的视认距离、摩擦系数、遮盖路面标线、施加横向作用力(台风)等给车辆运行造成风险,因此,需要根据互通立交路段所在地的气候环境进行路段的选择。

b)事故的致因分析可以采用灰色关联理论、皮尔逊相关性分析、因子分析法、数据挖掘、决策树等方法确定对匝道事故影响的综合因素,并能确定致因因素的重要度。对于缺少事故数据的匝道,风险致因机理的分析可以采用“感知-判断-操作”机理、“流量分布、超速与速度差”机理、“驾驶能力与行车需求”机理确定影响匝道运行风险的综合致因。

c)监测设备要根据匝道面临的主要风险因素选定,如撞固定物风险和超速风险选择速度监测设施、拥堵风险选择交通量监测设施、二次事故风险选择事件监测设施、侧滑风险选择路面状态监测设施等。匝道的交通安全设施设置较为密集且多为桥梁,设备的布设位置、布设难度均较大,因此在进行风险防控设施的选定时优先选用已有的设施和要素采集设施,以减少设备布设的空间位置。

d)风险的诊断是根据监测设备采集到的实时数据,构建适用于本匝道风险评估模型的过程,模型中应明确风险等级,并对不同的风险等级事件提出评估的时间周期和数据存储要求。时间周期需要统筹考虑各监测设备获取的数据频率、驾驶员信息接收的时间和信息传输时间等影响因素。所有监测设备数据的无差别存储需要巨大的存储空间,为了提高存储信息的有效性,要根据风险的等级提出数据存储的要求。

6.7.2 辅助车道和集散车道的交通运行风险智能防控应包含防控路段选定、风险因素分析、监测设备选定、风险诊断,并应符合下列规定:

- a) 根据辅助车道和集散车道近3年的历史事故、交通冲出类型、服务交通量进行防控路段的选定;
- b) 辅助车道和集散车道的风险因素致因分析应考虑交通量的时间分布特征,宜充分考虑交通流量对车辆运行的影响;
- c) 监测设备的选定应根据交通冲突的类型进行选定,应优先利用现有设施与多要素综合采集设备。设备布设位置应符合《道路交通标志与标线》(GB 5768)和《城市道路交通设施设计规范》(GB 50688)的规定;
- d) 风险诊断宜根据冲突类型和冲突严重程度分路段进行。

条文说明

a)辅助车道会因保持双车道匝道接入时主线车道数平衡、互通立交间变速车道的距离较近而设置。而因不同原因设置的辅助车道内存在的交通冲突类型不同。对于因保持主线车道数平衡而设置的辅助车道(I类辅助车道),辅助车道内仅存在合流冲突;而因互通立交间变速车道距离较近而设置的辅助车道(II类辅助车道),辅助车道前后连接加速车道和减速车道时,会存在交织冲突、合流冲突和分流冲突;连接减速车道和加速车道时,没有分合流与交织冲突;连接加速车道和加速车道时,仅有合流冲突;连接减速车道和减速车道时,仅有分流冲突。集散车道是为了提高路段的通行效率,而将匝道出入口车流与主线直行车流分隔,以保证主线车流行驶而设置的附加车道。集散车道内的冲突类型与II类辅助车道相同。辅助车道和集散车道前后连接的匝道决定了冲突类型,前后连接的加减速车道的服务交通量决定了冲突的严重程度。

b)城市建成区的高快速交通量具有显著的时间分布不均匀的特征,而互通立交与主路的连接段往往是交通运行的瓶颈。根据已有研究,互通立交的出入口处往往会在交通量大的条件下发生刮擦事故,原因与高密度交通流状态下驾驶员的车道选择行为受交通流的影响不可忽视,因此,在进行风险分析时要考虑交通流量的影响。当交通量对驾驶员车道选择行为的影响不可忽视时,需要在风险防控措施中进行干预。

c) 辅助车道和集散车道路段内交通冲突的类型并不是沿整个路段均匀分布的,根据交通标志、标线、监控设施等的设置情况,在整个辅助车道范围内会根据驾驶员群体的驾驶行为特征呈现某种分布,如驾驶员换道间隙、行驶速度、换道位置等,驾驶员的差异性与一致性使辅助车道路段内交通冲突在路段内不均匀分布。为了响应精细化管理的号召,所以本条制定了分段式防控的要求。

6.7.3 改扩建高快速公路特殊路段的交通运行风险智能防控应包含防控路段选定、风险因素分析、监测设备选定、风险诊断,并应符合下列规定:

- a) 改扩建高速公路特殊路段包括同向分离路段、复合式高快速路互通立交段、地下互通立交段等。应根据改扩建高速公路的路线、交通量、气候环境等进行风险分析;

- b) 改扩建高快速路的风险分析应充分考虑车道交通组织和服务车型的影响。地下互路段应充分考虑朝向、视距、行车空间的影响；
- c) 监测设备的选择应根据风险因素进行选取，并尽量融入建成的交通管控系统中；
- d) 同向分离路段、复合式高快速路互通立交段风险诊断宜根据冲突类型和冲突严重程度分路段进行。地下互通段的风险诊断宜充分考虑运行环境的影响，根据驾驶员的动力学方程进行。

条文说明

a) 随着改扩建高快速路规模的不断增大，充分考虑经济、环境与旧路利用等因素，改扩建高快速路出现了新型的特殊路段。同向分离路段处存在分合流冲突，且由于驾驶员对此类型路段行驶经验不足，容易形成犹豫驾驶；高速公路主线同向分离路段的分合流交通量大、速度快，事故后果更严重。复合式高快速路是为了将行驶距离较近的集散交通流与长距离的过境交通流分开、且节约横向空间而采取的一种高快速路形式，其上下层交通之间的交换通过匝道进行，但是无论是交通量与车流速度均高于一般的互通立交；同时，同向分离路段若采取集散、直行交通流的管控，其分合流处交织交通量会有所变化。地下互通立交包括部分地下互通、全地下互通，其交通冲突的类型与地面互通无差异，但是受隧道逼仄运行环境和光照环境影响，驾驶员在路径选择时往往需要更多的指引。

b) 改扩建高快速路往往是多车道道路，为了提高多车道高速公路的通行效率，一般会采取分车道管理的措施。车辆在地下互通行驶时因主线、匝道断面宽度的锐减产生较大的压迫感，从而在出口处会形成急减速的行为。

6.7.4 服务区和收费站路段的交通运行风险智能防控应包含防控路段选定、风险因素分析、监测设备选定、风险诊断，并应符合下列规定：

- a) 应特别关注服务区和收费站在节假日期间的车流量激增现象，以及车流倒灌至主线的情况，评估其对主线交通运行的影响；
- b) 服务区和收费站路段的风险因素分析应考虑车流量、车道数、出入口布置、夜间照明情况等因素，并根据这些因素评估可能导致的交通冲突；
- c) 监测设备应选定能够实时监测服务区和收费站车流量、排队长度以及主线交通流的设备，优先使用现有设施，并在必要时进行扩展，以确保全面覆盖；
- d) 风险诊断应根据监测数据，构建服务区和收费站路段的交通流量模型，提出相应的分级标准和应对措施，特别是在节假日或高峰期的特殊交通情况下。

6.8 线域风险诊断

6.8.1 线域风险诊断检测设施包括防控区段所有的高风险路段路侧边监测设施及其它路段监测设施，应满足下列规定：

- a) 各检测设备通过有线、无线等方式将采集的数据传输给线域防控平台；
- b) 线域防控系统具备各互通出入口交通量流入流出实时监测设备。

6.8.2 线域防控系统应具备线域范围内单车车辆抛锚、多车碰撞事故和交通拥堵等交通事件的推测能力，交通事件推测应满足下列规定：

- a) 交通事件的推测包括时间发生时间段、发生位置等相关信息，还可包括发生事件的概率；
- b) 推算方法可以包括牌照、视频、ETC 等信息匹配，交通流异常状态识别等方法，鼓励在既有历史数据基础上运用人工智能算法形成具有自学习、自进化能力的推算算法。

6.8.3 线域防控的风险用路段平均风险强度来表述，见公式（3）。

$$Risk_{line} = \frac{\sum L_i \bar{R}_i}{L} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

L_i ——高风险路段代表长度；

\bar{R}_i ——一定时间段内（通常取 5 分钟）该高风险路段内检测到的平均风险指数。其中很高风险、高风险、一般风险和低风险的风险指数分别取 7、3、1 和 0。

L ——全线长度。

6.8.4 线域防控总体风险按照相对风险分位水平来给出，如表 6 所示。相对风险分位水平可按照过去一段时间内按照平均风险强度由小到大进行排列所对应的分位水平，可通过不断动态更新以提高其可靠性。

表6 线域风险水平

风险水平	很高	高	一般	低
风险分位水平	>85%	65%~85%	40%~65%	<40%

7 智能防控

7.1 一般规定

7.1.1 智能防控包括防控决策和管控设备。

7.1.2 防控决策是系统根据风险源特征及风险研判的结果提出启用什么样管控设备、管控设备的参数如何设置，属于智能防控的软件部分。

7.1.3 管控设备包括可变情报板、可变限速、主动发光标线、发光道钉、频闪灯、语音播报设备、自动融雪剂喷淋设备、雾灯引导等路侧设备，还可包括车内广播、导航语音或图像文字提醒等车载终端设备，属于智能防控的硬件部分。

7.1.4 智能防控需要多个管控设备协同工作，包括同一高风险路段的多个管控设备的协同工作，也包括不同高风险路段的多个管控设备联网协同工作。

7.1.5 当道路存在两种及以上风险源组合时，应采用线域防控。

7.2 弯坡组合路段

7.2.1 防控策略

防空策略应符合下列要求：

- 应采用实时风险诊断的结果对车辆进行不同层级的预警；
- 采用可变情报板对车辆运行状态进行定向预警时，必要时可以把识别出的车牌号在路侧设施上显示，以提高定向预警的效果；
- 根据风险等级确定路侧情报板颜色、情报板闪烁频率、爆闪灯频率等，如表 7 所示；
- 有条件可以通过云服务器给高德、百度等导航推送前方弯坡路况，提醒驾驶员注意。

表7 路面湿滑路段风险防控策略

风险水平	很高	高	一般	低
可变情报板颜色	红色	橙色	黄色	不显示
可变情报板闪烁频率 (Hz)	4	2	1	不显示
爆闪灯频率 (Hz)	4	2	1	不显示

7.2.2 管控设备

管控设备应符合下列要求：

- 路侧预警设备位置应在车速感知设备后，缓圆点前。该位置能满足驾驶员在接收到预警信息后经过一定的反应时间（可取 2.5s），驾驶员能够采取措施进行制动减速措施，并且把车速降低到低风险的水平；
- 采用可变情报板进行预警时，文字大小（包括中文与数字）应能满足《道路交通标志与标线》（GB 5768）相关规定，采用 LED 可变情报板时，其最大发光亮度不小于 $15000\text{cd}/\text{m}^2$ ，亮度可调不少于 32 级，以 64 级为佳；
- 具备语音播报的智能车载终端应根据当前车辆车速及前方道路平纵组合情况进行不同风险等级的预警。

7.3 隧道（出入口）间距受限路段

7.3.1 隧道（出入口）间距受限路段的风险管控可采用对上游交通流预警的形式：

- 应基于隧道出口间距受限路段的风险监测与诊断结果，对隧道内的交通流预警。

b) 应基于隧道内的风险监测与诊断结果，对驶入隧道的交通流预警。

7.3.2 宜在隧道内布设定向主动预警系统，并结合摄像机、可变信息标志、定向发声设施、信息识别装置、速度传感器、主动发光标线（包括压力传感器和发光器件）以及气象监测设施的布设，实现：

- a) 当隧道内出现变道、超车、超速行为时，对违规车定向预警；
- b) 当隧道内出现拥堵、车辆滞留等事故时，对事故点上游车辆定向预警；
- c) 当隧道外出现恶劣天气，对隧道内车辆定向预警。

其中，主动发光标线应采用连续布设形式，发光颜色和闪烁频率应与事件严重程度相关，内部压力传感器应根据压力变化判定变道、超车行为。

7.3.3 当通过交通分流、车型控制、速度控制等手段进行风险管控时，应通过可变信息标志、可变限速标志等及时告知驾驶员。

7.3.4 向驾驶员发布预警信息途径可采用车内预警（如车载广播、车载导航、手机短信等）、车外预警（如可变信息标志、定向发声设施等）相结合的形式。

7.4 互通立交（出入口）间距受限路段

7.4.1 互通立交（出入口）间距受限段的风险管控可采用对上游交通流预警的形式：

- a) 应基于互通立交主线及入口匝道的风险监测与诊断结果，对驶入互通立交（出入口）间距受限段的交通流预警；
- b) 应基于互通立交出口匝道及相连道路的风险监测与诊断结果，对驶出互通立交（出入口）间距受限段的交通流预警；
- c) 可通过智能道钉发光、闪烁等方式，强化互通立交分流区、合流区位置。

7.4.2 当通过交通分流、车型控制、速度控制等手段进行风险管控时，应通过可变信息标志、可变限速标志等及时告知驾驶员。

7.4.3 向驾驶员发布预警信息途径可采用车内预警（如车载广播、车载导航、手机短信等）、车外预警（如可变信息标志、定向发声设施等）相结合的形式，为驾驶员提供清晰、连续的交通诱导服务。

7.5 气象灾害易发路段

7.5.1 路面湿滑路段

a) 防路面湿滑路段防控策略应符合下列要求：

- 1) 根据风险等级确定路侧情报颜色、情报板闪烁频率、爆闪灯频率等信息，如表 7 所示；
- 2) 应该在路侧可变情报板中使用湿滑的图形，颜色与表 7 一致；
- 3) 有条件时通过云服务器给高德、百度等导航推送前方湿滑路况；

b) 路面湿滑路段管控设备应符合下列要求：

- 1) 路侧预警设备的位置应设置在湿滑检测设备前一定距离。该位置应能够满足驾驶员接收到预警信息后经过一定的反应时间（可取 2.5s），驾驶员能够采取措施进行制动减速措施，并且把车速降低到低风险的水平；
- 2) 采用可变情报板进行预警时，文字大小（包括中文与数字）应能满足《道路交通标志与标线》（GB 5768）相关规定，采用 LED 可变情报板时，其最大发光亮度不小于 $15000\text{cd}/\text{m}^2$ ，亮度可调不少于 32 级，以 64 级为佳；
- 3) 具备语音播报的智能车载终端应根据当前车辆车速及前方水膜厚度检测情况进行不同风险等级的预警。

7.5.2 团雾多发区

a) 团雾多发区防控策略应符合下列要求：

- 1) 应采用实时风险诊断的结果进行车辆运行状态诱导；
- 2) 采用路侧设施预警时应采用 LED 发光标线、LED 发光道钉等具有可变光控制的管控设备，驾驶员就近能看到的 LED 色彩按表 8 显示。

表8 团雾多发区风险防控策略

风险水平	很高	高	一般	低
LED 发光标线就近显示色彩	红色	橙色	黄色	绿色

b) 团雾多发区管控设备应符合下列要求:

- 1) 可变标线或发光道钉具备红、橙、黄、绿四种色彩可调功能,同时每个发光道钉或标线段可单独控制;
- 2) 每个发光道钉或标线段具有有限的光束角,能让经过的最近车辆驾驶员清晰地看到光线,而周边其他车辆驾驶员难以感知到;
- 3) 发光标线或发光道钉的发光亮度不小于 $15000\text{cd}/\text{m}^2$,亮度可调不少于32级,以64级为佳。

7.6 道路养护作业段

7.6.1 上游交通流预警应符合下列要求:

- a) 应基于道路养护作业段的风险监测与诊断结果,对驶入道路养护作业段的交通流进行预警;
- b) 当通过交通分流、车型控制、速度控制等手段进行风险管控时,应通过可变信息标志、可变限速标志等及时告知驾驶员。

7.6.2 智慧交通组织应符合下列要求:

- a) 通过智能感知前端,分区域、分路段、分时段统计过车数据,掌握行驶轨迹、停驶状态、车籍车型及人车关联信息。建立交通运行状态评价模型,实现交通拥堵自动研判、恶劣天气自动预警、交通事故自动发现,为道路养护作业段交通管控、现场处置提供决策支撑;
- b) 利用交通诱导系统对采集到的路况数据进行分析,制定相应的诱导策略和方案,进而向驾驶员发布预警信息;
- c) 发布预警信息的具体途径可采用车内预警(如车载广播、车载导航、手机短信等)、车外预警(如可变信息标志、定向发声设施、无人机声光诱导等)相结合的形式。

7.6.3 道路养护作业段根据不同的风险等级对应的风险预警和安全防护控制策略对应见表9,针对于不同环境因素下采取的策略见下表10。

表9 综合评价指标的风险等级划分与策略

综合风险等级	综合评价指标的分值	策略			
		远程预警	速度控制	过渡段合流区车辆智能汇合	安全防护设施
一级	(85, 100]	按规范布设作业区	按规范布设作业区	按规范布设作业区	按规范布设作业区
二级	(60, 85]	在满足规范要求的基础上,加强远程预警策略: 1.若作业区为移动作业区,移动作业车上应安装可发光的移动作业标志或可变箭头; 2.其它作业区应增设可变信息板、施工假人等远程预警设施。	按规范布设作业区: 1.若作业区为移动作业区和特殊路段作业区参考规范进行限速。 2.对于一般路段作业区的根据单向车道数以及封闭车道情况来设置最终限速值。	按规范布设作业区: 1.若作业区为移动作业区,不实施过渡段合流区车辆智能汇合控制策略; 2.其它作业区根据实际道路情况实施过渡段合流区车辆汇合控制策略。	在满足规范要求的基础上,加强安全防护设施设置策略: 1.若作业区为移动作业区,匝道区段、水平曲线或竖曲线段应设置安装有移动作业标志或可变箭头信号的保护车辆; 2.其它作业区应增设水马、移动式护栏等安全防护设施。
三级	(0, 60]	在满足规范要求的基础上,加强远程预警策略: 1.若作业区为移动作业区,移动作业车上应安装可发光的移动作业标志或可变箭头,还可布置语音提示设施等声音警告设施; 2.其它作业区应增设可变信息板、施工假人等远程预警设施,还可布置语音提示设施等声音警告设施。	按规范布设作业区: 1.若作业区为移动作业区和特殊路段作业区参考规范进行限速。 2.对于一般路段作业区的根据单向车道数以及封闭车道情况来设置最终限速值。 3.对于非移动作业和临时作业区宜考虑设置可变限速标志,可变限速标志的数量在3~5块为宜。	按规范布设作业区: 1.若作业区为移动作业区,不实施过渡段合流区车辆智能汇合控制策略; 2.其它作业区根据实际道路情况实施过渡段合流区车辆汇合控制策略。	在满足规范要求的基础上,加强安全防护设施设置策略,应增设车载式防撞垫、宜设置缓冲车辆放置在防撞车和工作人员之间等安全防护设施。

表10 环境因素（指标 D）的风险等级划分与惩罚机制（非白天条件）

环境因素（指标 D）		策略
道路环境	分值	
白天	(85, 100]	道路环境为白天，按规范布设作业区。
夜间	(75, 85]	道路环境为夜间，在满足规范要求的基础上，实施夜间作业预警策略，应布置施工警告灯、警示频闪灯、主动发光标志牌等光电设施。
	(60, 75]	道路环境为夜间，在满足规范要求的基础上，实施夜间作业预警策略，除了布置施工警告灯等光电设施，还应布置语音提示设施等声音警告设施。
灾变天气	(30, 60]	道路环境为雨天、雾天等灾变天气，在满足规范要求的基础上，参照夜间作业预警策略布设作业区，应布置施工警告灯、警示频闪灯、主动发光标志牌等光电设施。此外，还需要实施雨雾天气条件下的速度控制策略。
	(0, 30]	道路环境为雨天、雾天等灾变天气，在满足规范要求的基础上，参照夜间作业预警策略布设作业区，除了布置施工警告灯等光电设施，还应布置语音提示设施等声音警告设施。此外，还需要实施雨雾天气条件下的速度控制策略。

7.7 其他风险路段

7.7.1 特殊路段宜采取连续式的风险防控设施。风险防控设施应充分考虑驾驶员对预警信息的视认时间，并应充分考虑驾驶员的视认负荷。

条文说明

除速度控制措施外，对于驾驶员换道的提醒、跟车距离较近的提醒均需要连续式的信息发布设施，否则无法有效的进行风险防控。连续式防控设施可以采用附着于护栏、侧壁或路面的设施。

7.7.2 特殊路段的实时管控手段可采用交通分流、限制车型、降低速度等。中长期可采用改变交通组织方式的长期管控措施。

7.8 线域防控

7.8.1 智能防控平台应符合下列要求

- 路侧终端、高风险路段侧边控制系统和线域协同管控系统共同构成智能防控平台；
- 路侧边控制系统优先解决该风险路段实时风险防控情境，具有定向预警或管控功能；
- 线域协同防控系统作为线域各管控系统的指挥中心，具有跨场景提前预警，多防控设备协同管控功能，面向的是实时性相对较低，管控范围非定向的风险场景。

7.8.2 高风险路段协同防控应符合下列要求：

- 根据风险诊断计算，当线域风险状态为很高或者高时，可启用高风险路段协同防控；
- 高风险路段协同防控状态时，各风险路段优先处理实时风险（即在管控预警设备优先为定向预警服务），在空余时段由线域协同管控系统统一调配；
- 线域协同管控系统根据需要可以在各管控终端上通过文字、声音、闪烁等形式发布前方路段高风险事件及交通运行状态管控措施。

7.8.3 交通事件推测后的协同防控应符合下列要求：

- 当推测出可能出现的单车抛锚、多车事故等交通事件后，应立即启用应急预案，包括事件确认、协同管控和应急救援，两者同步展开；
- 协同管控包括运用路侧管控设备进行事件提醒、梯次限速，也包括通过云服务对车载导航终端及车载广播进行相关管控；
- 事件确认包括人工现场确认、无人机远程遥控确认、监控摄像机遥控调整确认；
- 一旦事件处理完毕或事件确认为误判，随即解除协同防控。

7.8.4 路网交通流系统防控应符合下列要求：

- 线域协同管控系统应主动接入上一级协调管控平台，并接受上一级路网协同管控平台的统一调度和管理；
- 线域协同管控系统具备中宏观交通流仿真分析能力，能够每 10 分钟更新未来 30 分钟内的交通流状态；

- c) 根据交通拥堵的预测和预警，线域协同管控系统能够给出各节点流入量的优化控制量，并请求上一级路网协同管控平台进行协同调配的功能。

7.9 防控后评估

- 7.9.1 防控措施实施后，应对其效果进行系统的后评估，以评估风险管控的有效性和改进空间。
- 7.9.2 后评估应包括对交通流量、事故率、车辆行为变化等关键指标的分析，验证防控措施是否达到预期目标。
- 7.9.3 基于后评估结果，应及时调整和优化防控策略，确保未来的风险防控更加精准和有效。

附录 A
(规范性)
道路养护作业段风险诊断

A.1 交通因素 (指标 A)

A.1.1 类型划分

根据作业区占用车道情况,按表A.1要求可划分为类型I和类型II。

表A.1 作业区占用车道情况所属类型

类型	作业区占用车道情况
三车道至双车道 (类型 I)	单向三车道占用内侧车道作业; 单向三车道占用外侧车道作业。
双车道至单车道 (类型 II)	单向三车道同时占用内侧、中间车道作业; 单向三车道同时占用外侧、中间车道作业; 单向双车道占用内侧车道作业; 单向双车道占用外侧车道作业。

A.1.2 类型I的交通因素得分

A.1.2.1 当作业区属于类型 I 时,将进入上游过渡区车辆的运行车速和大车率代入公式 (A.1) 计算断面总得分 s 。

$$s = \begin{cases} -1058.952 + 61.002v_{85} + 1085.133c_p - 0.985v_{85}^2 \\ -3210.981c_p^2 + 0.005v_{85}^3 + 5058.021c_p^3 \quad (0 \leq c_p < 0.4) \dots\dots\dots (A.1) \\ 4.497v_{85} - 93.982c_p + 168.247 \quad (0.4 \leq c_p \leq 0.5) \end{cases}$$

式中:

c_p ——进入上游过渡区的大车率;

v_{85} ——进入上游过渡区时车辆的运行速度。

A.1.2.2 根据断面总得分 s ,按照表A.2确定交通因素(指标A)的得分。

表A.2 交通因素(指标A)的打分表(类型I:三车道至双车道)

流量 $Q/$ [pcu/(h·ln)]	断面总得分 s	交通因素 风险等级	得分
$Q \leq 1400$	$0 \leq s < 300$	一级	$-0.05*s+100$
	$300 \leq s < 400$	二级	$-0.25*s+160$
	$400 \leq s < 550$	三级	$-0.4*s+220$
$1400 < Q \leq 1800$	$0 \leq s < 300$	二级	$-\frac{s}{12} + 30$
	$300 \leq s < 550$	三级	$-0.24*s+132$
$Q > 1800$	需要设置绕行方案,不划分交通因素风险等级		

A.1.3 类型II的交通因素得分

A.1.3.1 当作业区属于类型 II 时,将进入上游过渡区车辆的运行车速和大车率代入公式 (A.2) 计算断面总得分 s 。

$$s = \begin{cases} 1030.857 - 40.172v_{85} + 1155.982c_p + 0.554v_{85}^2 \\ -4888.006c_p^2 - 0.002v_{85}^3 + 6792.677c_p^3 & (0 \leq c_p < 0.4) \dots\dots\dots (A. 2) \\ -3.060v_{85} - 815.666c_p + 84.411 & (0.4 \leq c_p \leq 0.5) \end{cases}$$

A. 1. 3. 2 当根据断面总得分 s , 按照表 A. 3 确定交通因素 (指标 A) 的得分。

表A. 3 交通因素 (指标 A) 的打分表 (类型II: 双车道至单车道)

流量 Q / [pcu/(h·ln)]	断面总得分 s	交通因素 风险等级	得分
$Q \leq 1400$	$0 \leq s < 200$	一级	$-0.075*s+100$
	$200 \leq s < 250$	二级	$-0.5*s+185$
	$250 \leq s < 350$	三级	$-0.6*s+210$
$1400 < Q \leq 1800$	$0 \leq s < 200$	二级	$-0.125*s+85$
	$200 \leq s < 350$	三级	$-0.4*s+140$
$Q > 1800$	需要设置绕行方案, 不划分交通因素风险等级		

A. 2 道路因素 (指标 B)

A. 2. 1 基本路段的道路因素得分

基本路段按照表A. 4确定道路因素 (指标B) 的得分, 风险越低则打分越高。

表A. 4 基本路段的道路因素 (指标 B) 得分

工作区长度 (G)	路肩	外侧车道	内侧车道	中间车道	得分
$0m < G \leq 500m$	○	×	×	×	$30 + \frac{G}{10}$
	○	○	×	×	$30 + \frac{2G}{25}$
	×	×	○	○	$30 + \frac{G}{25}$
	×	×	○	×	$30 + \frac{2G}{25}$
	×	○	×	○	$30 + \frac{3G}{50}$
$G > 500m$	○	×	×	×	85
	○	○	×	×	75
	×	×	○	×	65
	×	○	×	○	55
	×	×	○	○	45

注: ○表示占用, ×表示不占用。

A.2.2 特殊路段的道路因素得分

A.2.2.1 特殊路段按照表 A.5 确定道路因素（指标 B）的得分，风险越低则打分越高。

表A.5 特殊路段的道路因素（指标 B）得分

特殊路段	位置	设计速度 (V_d)	坡度 (i)	得分	
桥涵	起终点	-	-	70	
	中间段	-	-	80	
隧道	出入口内、外附近	-	-	60	
	中间段	-	-	70	
纵坡路段	上坡 (作业区距离上坡起点长度 L_1)	120km/h	$3\% \leq i < 4\%$	$110 - \frac{1}{30}L_1$	
			$i \geq 4\%$	$115 - \frac{1}{20}L_1$	
		100km/h	$3\% \leq i < 4\%$	$106.7 - \frac{2}{75}L_1$	
			$4\% \leq i < 5\%$	$109.1 - \frac{2}{55}L_1$	
			$i \geq 5\%$	$114.3 - \frac{2}{35}L_1$	
		80km/h	$3\% \leq i < 4\%$	$104.4 - \frac{1}{45}L_1$	
			$4\% \leq i < 5\%$	$105.7 - \frac{1}{35}L_1$	
			$5\% \leq i < 6\%$	$108 - \frac{1}{25}L_1$	
		下坡 (作业区距离下坡起点长度 L_2)	120km/h	$3\% \leq i < 4\%$	$120 - \frac{1}{15}L_2$
				$i \geq 4\%$	$130 - \frac{1}{10}L_2$
			100km/h	$3\% \leq i < 4\%$	$113.3 - \frac{4}{75}L_2$
				$4\% \leq i < 5\%$	$118.2 - \frac{4}{55}L_2$
	$i \geq 5\%$			$128.6 - \frac{4}{35}L_2$	
	80km/h		$i \geq 6\%$	$113.3 - \frac{1}{15}L_2$	
			$3\% \leq i < 4\%$	$108.9 - \frac{2}{45}L_2$	
			$4\% \leq i < 5\%$	$114.3 - \frac{2}{35}L_2$	
	$5\% \leq i < 6\%$	$116 - \frac{2}{25}L_2$			
	$i \geq 6\%$	$126.6 - \frac{2}{15}L_2$			
	收费广场	封闭入口内侧收费口	-	-	90
		封闭入口中间收费口	-	-	80
封闭入口外侧收费口		-	-	90	
小半径曲线: 曲线半径 (m)	(1500,2000]	-	-	90	
	(1000,1500]	-	-	80	
	(800,1000]	-	-	70	
	(600,800]	-	-	60	
	(0,600]	-	-	50	
立交匝道 (下坡路段)	匝道入口	-	-	60	
	匝道中间段	-	-	80	
	匝道出口附近	-	-	90	

A.2.2.2 特殊路段包含桥涵、隧道、长大纵坡、收费广场、小半径曲线和立交出、入口匝道附近及匝道上等危险路段。对于特殊路段中未列出的情况则为该路段的行车条件较好情况，不考虑其路段的特殊性。

A.3 作业区类型（指标C）

作业区类型（指标C）应按表A.6确定得分，风险越低则打分越高。

表A.6 作业区类型（指标C）得分

作业区类型	封闭路段作业	长期养护作业区	短期养护作业区	机械临时作业区
取值范围	100	90	80	70
作业区类型	机械移动作业区	人工移动作业区	人工临时作业区 (作业时长 ≤ 2h)	人工临时作业区 (2h < 作业时长 ≤ 4h)
取值范围	60	50	60	70
除封闭路段作业外，其他作业区类型因素均为保通条件下进行。				

A.4 环境因素（指标D）

环境因素（指标D）应按照A.7确定得分，风险越低打分越高。

表A.7 环境因素（指标D）得分

环境因素	条件	得分
白天	8:00-17:00	100
	17:00-20:00（有路灯）	80
	17:00-20:00（无路灯）	70
夜间	20:00-22:00（有路灯）	75
	20:00-22:00（无路灯）	70
	22:00-次日8:00（有路灯）	65
	22:00-次日8:00（无路灯）	60
特殊天气	阴天	90
	小雨、中雨、大雨/轻雾、大雾	60
	暴雨、大暴雨、特大暴雨/浓雾、强雾	50
	热带低压、热带风暴	40
	强热带风暴、台风、强台风	20
	超强台风	0

A.5 综合评价指标

A.5.1 初始权重对应

根据A.1~A.4的要求确定出四个指标后，应按照表A.8的要求找到对应的初始权重。

表A.8 初始权重表

诊断因素	指标	初始权重 $\omega_i^{(0)}$
交通因素	A	0.3
道路因素	B	0.3
作业区类型	C	0.3
环境因素	D	0.1

A.5.2 权重修正

当分项指标出现极端情况时，无法有效反映到综合指标。应按公式(A.3)、(A.4)进行权重修正。

$$\omega_i = \omega_i^{(0)} S(i) / (\omega_A^{(0)} S(A) + \omega_B^{(0)} S(B) + \omega_C^{(0)} S(C) + \omega_D^{(0)} S(D)) \dots\dots\dots (A.3)$$

$$S(i) = \begin{cases} 1.3 \ln(0.6/x_i) + 0.9 & 0 < x_i \leq 0.6 \\ -1.33x_i + 1.7 & 0.6 < x_i \leq 0.75 \\ 0.2 + 6.67(0.85 - x_i)^2 & 0.75 < x_i \leq 0.85 \dots\dots\dots (A.4) \\ 0.2 & 0.85 < x_i \leq 0.95 \\ 0.05 \ln[0.05/(1 - x_i)] + 0.2 & 0.95 < x_i < 1 \end{cases}$$

式中：

ω_i ——分项指标的变权重；

$\omega_i^{(0)}$ ——分项指标的初始权重；

$S(i)$ ——惩罚-激励状态变权向量函数；

x_i ——分项指标的分值除以100所得；

条文说明

考虑分项指标出现极端情况无法有效反映到综合指标，通过引入惩罚机制，利用惩罚性变权函数，对取值较小的二级指标处以较大的惩罚权重，且取值越低惩罚越严重，从而提升综合评价指标中关于较差分项指标的灵敏度。将变权函数受激励区间设置为惩罚区 $[0,0.85]$ ，合格区间为 $(0.85,1]$ ，其中特强惩罚阶段为 $(0,0.6]$ ，强惩罚阶段为 $(0.6,0.75]$ ，初惩罚阶段为 $(0.75,0.85]$ 。

A.5.3 综合评价指标得分

根据公式(A.3)、(A.4)计算出分项指标的变权重后 ω_i ，将分项指标的变权重和分值代入公式(A.5)中，可得到综合评价指标的分值 R 。

$$R = \omega_A A + \omega_B B + \omega_C C + \omega_D D \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：

R ——综合评价指标的分值；

ω_A 、 ω_B 、 ω_C 、 ω_D ——指标A、B、C和D的变权重；

A、B、C、D——指标A、B、C和D的分值。

参 考 文 献

- [1] T/CITSA 32-2023智慧高速公路建设总体技术要求
 - [2] T/CITSA33-2023智慧高速公路路侧设施布设规范
 - [3] GDJT 001-07-2022 广东省智慧高速公路建设指南（试行）
-