

# JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T B05—2004

---

## 公路项目安全性评价指南

Guidelines for Safety Audit of Highway

2004-09-01 发布

2004-11-01 实施

---

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国推荐性行业标准

# 公路项目安全性评价指南

**Guidelines for Safety Audit of Highway**

**JTG/T B05—2004**

主编单位:华杰工程咨询有限公司

批准部门:中华人民共和国交通部

实施日期:2004年11月01日

# 关于发布《公路项目安全性评价指南》 (JTG/T B05—2004)的公告

## 第 22 号

现发布《公路项目安全性评价指南》(JTG/T B05—2004),自 2004 年 11 月 1 日起实行,作为公路工程行业推荐性标准,在公路行业内自愿采用。

《公路项目安全性评价指南》(JTG/T B05—2004)由华杰工程咨询有限公司负责编制,日常解释和管理工作的由华杰工程咨询有限公司负责。

请各有关单位在实践中注意积累资料,总结经验,及时将发现的问题和意见函告华杰工程咨询有限公司(地址:北京市东城区安内国子监街丁 28 号;邮政编码:100007;联系电话:010—64035968),以便修订时参考。

特此公告。

中华人民共和国交通部

二〇〇四年九月一日

## 前 言

为适应社会和国民经济的发展要求,交通部以交公路发[1999]82号文决定开展《公路项目安全性评价指南》(以下简称《指南》)的编写研究工作。编写研究工作由华杰工程咨询有限公司主持,同济大学、山东省交通科学研究所参加。工作过程中得到了交通部公路科学研究所、重庆市交通委员会、辽宁省高速公路管理局、北京工业大学、广东省高速公路有限公司等单位的大力支持与配合。

《指南》编写研究组在分析和跟踪欧美等国家道路安全评价(Road Safety Audit)成果的基础上,结合我国国情选择了具有代表性的辽宁沈大、山东济青及烟青、山西太旧、重庆成渝、湖北汉宜、江苏沪宁、新疆吐乌大等高速公路和一级公路进行调查研究。在大量数理统计分析的基础上,对交通事故与公路几何指标、交通事故与运行车速、公路几何指标与运行车速等关系进行了深入研究,初步提出了对我国高速公路和一级公路进行安全性评价的内容、方法和标准。这对我国高速公路和一级公路安全性评价工作的开展以及进一步保障和提高我国公路的行车安全将起到积极作用。

由于我国开展公路安全性评价研究时间较短,加之编写研究组水平所限,《指南》不可避免的存在不足。请使用单位及个人将发现的问题和意见函告华杰工程咨询有限公司(地址:北京市东城区安内国子监街丁28号;邮编100007;电话:010-64035968;传真:010-64031605)。

主 编 单 位:华杰工程咨询有限公司

参 编 单 位:同济大学

山东省交通科学研究所

主要编写人:周海涛 杨春晖 郭忠印 方守恩 王广山 辛 超 崔俊胜

# 目 次

<b>1 总则</b> .....	1
<b>2 术语</b> .....	2
<b>3 工程可行性研究阶段</b> .....	3
3.1 技术标准 .....	3
3.2 技术方案 .....	3
3.3 环境影响 .....	4
<b>4 设计阶段</b> .....	5
4.1 总体评价 .....	5
4.2 路线 .....	6
4.3 路基路面 .....	10
4.4 桥梁 .....	12
4.5 隧道 .....	13
4.6 路线交叉 .....	14
4.7 交通工程及沿线设施 .....	19
<b>5 运营阶段</b> .....	22
5.1 公路状况评价 .....	22
5.2 事故调查 .....	24
5.3 事故分析 .....	24
<b>附录 A(1) 公路项目安全性评价报告格式(可行性研究阶段)</b> .....	25
<b>附录 A(2) 公路项目安全性评价报告格式(设计阶段)</b> .....	28
<b>附录 A(3) 公路项目安全性评价报告格式(运营阶段)</b> .....	32
<b>附录 B(1) 运行速度计算方法(一)</b> .....	36
<b>附录 B(2) 运行速度计算方法(二)</b> .....	39
<b>附录 C 路侧安全净空区宽度计算方法</b> .....	42
<b>附件 公路项目安全性评价指南(JTG/T B05—2004)条文说明</b> .....	45
1 总则 .....	47
3 工程可行性研究阶段 .....	49
4 设计阶段 .....	51
5 运营阶段 .....	62

# 1 总则

## 1.0.1 目的

本指南从公路使用者行车安全性的角度对公路项目可行性研究、设计的成果及运营公路进行行车安全性评价,以达到减少交通事故,降低交通事故危害程度的目的。

## 1.0.2 适用范围

本指南适用于高速公路、一级公路新建或改扩建工程的行车安全性评价。其他等级公路可参照使用。

## 1.0.3 代表车型

进行公路项目安全性评价时应根据最不利原则选择代表车型。

## 1.0.4 工作阶段

公路项目安全性评价分为工程可行性研究、设计、运营三个阶段。

## 1.0.5 成果要求

依据本指南对公路项目工程可行性研究、设计的成果或运营公路进行安全性评价时,应编制《公路项目安全性评价报告》。《公路项目安全性评价报告》的文本格式和内容要求见附录 A。

## 1.0.6 依据

本指南依据《中华人民共和国公路法》及中华人民共和国交通部部颁《公路工程技术标准》等有关标准、规范的规定编制。国家有关法规、标准、规范变更时自动替换。

## 2 术语

### 2.0.1 公路安全性评价 Highway safety audit

公路安全性评价是针对公路行车安全进行的一个系统的评价程序,它将公路行车安全和降低交通事故的概念引入公路工程可行性研究及设计工作中。公路安全性评价是公路建设、管理的基本程序。

### 2.0.2 运行速度协调性 Consistency of operating speed

运行速度是指当交通处于自由流状态,且天气良好时,在路段特征点上测定的第 85 个百分位上的车速。运行速度协调性是评价线形设计一致性的指标,采用相邻单元路段间运行速度的变化值进行评价。

### 2.0.3 路侧 Roadside

路面(硬路肩)外边缘至用地界之间的区域范围。

### 2.0.4 路侧安全净空区 Clear zone of roadside

与行车道相邻,在未采取保护措施的情况下,禁止任何对失控车辆具有潜在危险的物体存在。路侧安全区包括硬路肩、土路肩以及可控制行车的缓坡,其宽度根据预测交通量、运行速度以及道路几何指标而定。

### 2.0.5 紧急避险车道 Emergency escaping lane

为减轻危害程度,在长陡下坡路段路侧专门设置的撤离车道,用于使制动失灵等失控车辆(特别是重载汽车)驶离主车道,并安全减速至停止。

## 3 工程可行性研究阶段

### 3.1 技术标准

#### 3.1.1 公路等级

根据项目沿线城镇及人口分布情况、预测交通量、交通组成、项目功能以及在路网中的地位等,对拟定的公路等级从适应行车安全性要求方面进行评价。

#### 3.1.2 设计速度

根据拟建公路项目等级,结合预测交通量及其组成、沿线地形情况等对设计速度进行安全性评价。不同设计速度的相邻路段设计速度差不宜大于 20km/h。设计速度差大于 20km/h 的相邻路段间宜设置过渡路段。过渡路段的长度应能够保证线形指标过渡的需要,并设置交通设施引导驾驶员调整运行速度。

#### 3.1.3 路基横断面宽度

1 新建项目应根据预测交通量及其组成,从行车安全性角度评价新建项目路基横断面形式及其行车道、硬路肩、中央分隔带、路缘带等宽度的适应情况。

2 分期实施项目应根据远景规划评价前期实施工程与后期预留工程对行车安全性的影响。

3 改扩建项目应根据路基宽度和设施变化的协调性等情况评价对行车安全性的影响。

### 3.2 技术方案

#### 3.2.1 技术指标

平、纵面线形指标应与设计速度相适应。以大、中型货车通行为主的项目应尽量提高纵断面、横断面及平面指标。分期建设的项目应注意近期工程对行车安全性的影响。改建项目应注意改建前后技术指标的协调性以及对行车安全性的影响。

#### 3.2.2 起、讫点

根据预测交通量对路线起、讫点与接续道路的连接方式、交通组织等进行评价。



### 3.2.3 平面交叉

根据地形条件、主线技术指标、相交道路状况、预测交通量等情况对平面交叉设置的必要性、形式、交通组织及交叉口间距等进行评价,评价标准为尽量减少行车冲突点。

### 3.2.4 互通式立交

根据路网条件、出入交通量及沿线城镇布局等情况对互通式立交设置的必要性、形式、与被交道路连接方式,相邻互通立交、互通立交与隧道等大型构造物以及其他管理服务设施的间距等进行评价。当最小间距不满足现行规范要求时,应增设辅助车道及标志、标线等安全设施。

### 3.2.5 跨线桥及通道

对未能设置平面交叉或互通式立交的其他路线交叉口,应评价跨线桥或通道设置的必要性及设置间距。

### 3.2.6 施工期间的交通组织

公路改建项目在施工期间不中断交通或将主线交通量分流到相关道路时,应对施工组织方案的行车安全性影响及其采取的相应安全措施进行评价。

## 3.3 环境影响

### 3.3.1 气候

根据降雨、冰冻、积雪、雾、侧风等自然气候条件,应对工程方案中不利自然气候条件下采取的安全性措施进行评价。

### 3.3.2 不良地质

根据不良地质情况,应对工程方案中不良地质条件所采取的安全性措施进行评价。

### 3.3.3 动物

根据动物活动区及动物迁徙路线,应对设置隔离栅或动物通道的必要性进行评价。

## 4 设计阶段

### 4.1 总体评价

#### 4.1.1 设计符合性

设计符合性检查应根据现行标准、规范的有关规定，按照有关部门批准的项目技术标准，对项目设计成果采用的技术指标的正确性进行检查，并提出不符合现行标准、规范规定的技术指标。各单项指标以及各专业之间的衔接组合影响行车安全性时应进行协调。

#### 4.1.2 运行速度协调性

运行速度协调性评价是对相邻路段的运行速度的差值进行评价。相邻路段是指平面、纵断面、横断面指标或设计速度不同的相接路段，一般是指平曲线的起点、曲中点、终点，纵断面变坡点及横断面宽度变化的前后路段。

##### 1 评价方法

根据运行速度预测方法对各相邻路段的线形特征点(直线起、终点,平曲线起、终点及曲中点,竖曲线变坡点等)进行双向运行速度预测并计算相邻路段运行速度的差值。运行速度计算方法见附录 B。

##### 2 评价标准

评价指标采用相邻路段运行速度的差值  $\Delta v_{85}$ 。

$|\Delta v_{85}| < 10 \text{ km/h}$ : 运行速度协调性好。

$|\Delta v_{85}|$  为  $10 \sim 20 \text{ km/h}$ : 运行速度协调性较好。条件允许时宜适当调整相邻路段技术指标,使运行速度的差值小于或等于  $10 \text{ km/h}$ 。

$|\Delta v_{85}| > 20 \text{ km/h}$ : 运行速度协调性不良。相邻路段需重新调整平、纵面设计。

#### 4.1.3 设计速度与运行速度协调性

设计速度与运行速度协调性评价是对同一路段的设计速度与运行速度的差值进行评价。同一路段是指设计速度、平纵面技术指标及横断面相同的路段。

同一路段设计速度按批准的项目技术标准采用。同一路段运行速度按本章 4.1.2 条规定计算。当同一路段设计速度与运行速度的差值大于  $20 \text{ km/h}$  时,应按本指南规定对该路段的相关技术指标进行安全性验算。

## 4.2 路线

### 4.2.1 评价范围

设计速度与运行速度之差大于 20km/h 的一般路段。

### 4.2.2 平面

#### 1 平曲线半径

##### 1) 评价方法

在路拱横坡度不变的前提下,采用路段运行速度计算值计算平曲线半径。当采用路段运行速度计算的平曲线半径大于设计速度对应的平曲线半径时,应对加大平曲线半径方案和降低运行速度对应的平曲线半径方案进行技术经济比较,择优采用。

平曲线半径采用式(4.2.2)进行计算。

$$R = \frac{v_{85}^2}{127(\mu + i)} \quad (4.2.2)$$

式中:  $R$ ——路段运行速度要求的平曲线半径(m);

$v_{85}$ ——运行速度计算值(km/h);

$\mu$ ——横向力系数;

$i$ ——路拱横坡度(%)。

##### 2) 评价标准

设计速度对应的横坡度不变时,加大后的平曲线半径应不小于运行速度对应的平曲线半径,圆曲线长度应不小于按运行速度行驶 3s 的距离;设计速度对应的平曲线半径不变时,应按 4.2.7 条的规定调整超高横坡度;设计速度对应的平曲线半径和横坡度调整均受限制时,应采取调控措施,以减小运行速度与设计速度的差值。

#### 2 缓和曲线

缓和曲线参数应根据运行速度  $v_{85}$  对圆曲线半径和超高横坡度的变化作相应调整,调整时还应考虑相邻缓和曲线参数比值的均衡性。评价缓和曲线时,其长度除应满足超高渐变最小长度的要求外,还应考虑速度增加时横向加速度变化率的变化导致缓和曲线相应增长。

#### 3 最小直线长度

最小直线长度评价采用运行速度计算值  $v_{85}$  进行。

路段运行速度计算值  $v_{85}$  与设计速度之差小于或等于 20km/h 时,直线长度不调整。

路段运行速度计算值与设计速度之差大于 20km/h 时,反向圆曲线间直线最小长度(以 m 计)应不小于运行速度  $v_{85}$ (以 km/h 计)的 2 倍,同向圆曲线间直线最小长度(以 m 计)应不小于运行速度  $v_{85}$ (以 km/h 计)的 6 倍。

### 4.2.3 视距

#### 1 评价方法

## 1)小客车停车视距

小客车停车视距采用路段运行速度计算值计算。当采用路段运行速度计算值计算的停车视距大于设计速度对应的停车视距时,应加大停车视距。停车视距采用式(4.2.3-1)进行计算。

$$S_c = \frac{v_{85}t}{3.6} + \frac{(v_{85}/3.6)^2}{2gf} \quad (4.2.3-1)$$

式中:  $S_c$ ——小客车停车视距(m);

$v_{85}$ ——运行速度计算值(km/h);

$t$ ——空驶时间,即反应时间,取 2.5s(判断时间 1.5s,运行时间 1.0s);

$g$ ——重力加速度,取  $9.8\text{m/s}^2$ ;

$f$ ——纵向摩阻系数,依运行速度和路面状况而定。

依式(4.2.3-1)计算,按照预测运行速度,小客车的停车视距见表 4.2.3-1。

表 4.2.3-1 小客车停车视距计算表

运行速度(km/h)	反应时间(s)	摩阻系数	制动停车距离(m)	视距(m)
120	2.5	0.29	279	280
110	2.5	0.29	241	245
100	2.5	0.3	201	205
90	2.5	0.3	169	170
80	2.5	0.31	137	140
70	2.5	0.32	109	110
60	2.5	0.33	85	90

## 2)货车停车视距

在货车或大客车可能多发事故的复曲线、减速车道、出口匝道端部、车道数减少、丘陵区交叉口、桥墩附近的交叉口、位于或接近凸形竖曲线的平交口等路段,应按照运行速度计算值进行货车停车视距评价。

货车停车视距采用式(4.2.3-2)进行计算。

$$S_t = \frac{v_{85}t}{3.6} + \frac{(v_{85}/3.6)^2}{2g(f+i)} \quad (4.2.3-2)$$

式中:  $S_t$ ——货车停车视距(m);

$v_{85}$ ——货车运行速度计算值(km/h);

$t$ ——反应时间(s),根据运行速度不同取值见表 4.2.3-2;

$g$ ——重力加速度,取  $9.8\text{m/s}^2$ ;

$i$ ——路线纵坡度(2%上坡为  $i = 0.02$ ,4.5%下坡为  $i = -0.045$ ),纵坡修正值见表 4.2.3-3;

$f$ ——货车轮胎与路面的纵向摩阻系数,不论运行速度大小,一律取值为 0.17。

表 4.2.3-2 货车平坡视距计算条件表

运行速度(km/h)	反应时间(s)	摩阻系数	货车停车距离(m)
110	2.5	0.17	356
100	2.5	0.17	301
90	2.5	0.17	251
80	2.4	0.17	202
70	2.3	0.17	158
60	2.2	0.17	120

表 4.2.3-3 上、下坡货车视距修正值(m)

运行速度 (km/h)	上 坡			下 坡		
	+ 2%	+ 4%	+ 6%	- 2%	- 4%	- 6%
110	- 29	- 53	- 73	56	86	153
100	- 24	- 44	- 60	46	71	126
90	- 20	- 36	- 49	38	58	102
80	- 16	- 28	- 39	30	46	81
70	- 12	- 22	- 30	23	35	62
60	- 9	- 16	- 22	17	26	45

注:①表中设计值按潮湿路面状态计算;

②对于半径小于 400m 的平曲线段,应在坡度修正后,将停车视距加长 10%。

## 2 评价标准

设计速度对应的视距应不小于采用运行速度计算值计算的小客车停车视距。在以货车交通量为主以及其他货车或大客车可能多发事故的路段,设计视距还应同时满足按货车运行速度计算值计算的货车停车视距要求。

## 4.2.4 纵断面

### 1 评价方法

采用路段运行速度计算值对路段坡度、坡长及竖曲线半径进行评价。

### 2 评价标准

路段运行速度计算值与设计速度之差小于或等于 20km/h 时,路段的坡度、坡长及竖曲线半径值不变。

路段运行速度计算值与设计速度之差大于 20km/h 时,应按运行速度计算值调整相应路段的坡度、坡长及竖曲线半径值。

#### 4.2.5 横断面

##### 1 路基横断面宽度

路基横断面宽度评价采用路段运行速度计算值进行。

路段运行速度计算值与设计速度之差小于或等于 20km/h 时,相应路段的路基横断面宽度不变。

路段运行速度计算值与设计速度之差大于 20km/h 时,应按运行速度计算值的标准调整相应路段的路基横断面宽度,调整路段长度应满足《公路工程技术标准》的规定。路基横断面宽度发生变化时,应设置渐变段。渐变段宜结合互通式立交或其他交叉口渐变段一并考虑,并应避免在一般路段中进行变化。当不能避免在一般路段中设置渐变段时,渐变段的设置长度应参照《公路路线设计规范》变速车道渐变段长度的有关规定执行。

##### 2 爬坡车道

当爬坡路段坡顶货车运行速度计算值低于设计速度 20km/h,或不能满足设计服务水平要求时,应评价设置爬坡车道的必要性。

对于已设置爬坡车道的路段,应对爬坡车道的长度、宽度以及标志、标线等进行评价。

##### 3 紧急停车带

当运行速度计算值大于设计速度 20km/h 时,应按运行速度计算值的标准相应调整路基横断面宽度。如因路段长度过小而未调整,且右侧硬路肩宽度在较长路段范围小于 2.5m 时,应评价设置紧急停车带的必要性。

##### 4 紧急避险车道

在长大下坡路段,连续 4km 以上路段未设置停车区、加水冷却区等服务设施时,应根据沿线地形条件和交通组成特点,评价在下坡路段设置紧急避险车道的必要性。

对于已设置紧急避险车道的路段,应评价设置间距能否满足行车安全要求,并对紧急避险车道的平纵面线形、长度、横断面宽度、路面材料、排水系统以及防撞护栏、标志、标线等进行评价。

#### 4.2.6 合成坡度

##### 1 评价方法

合成坡度评价采用路段运行速度计算值进行。

##### 2 评价标准

路段运行速度计算值与设计速度之差小于或等于 20km/h 时,相应路段的合成坡度不变。

路段运行速度计算值与设计速度之差大于 20km/h 时,应调整相应路段的纵、横坡度,使该路段的合成坡度满足按运行速度计算值标准规定的最大合成坡度要求。

#### 4.2.7 超高

##### 1 评价方法

### 1) 一般纵坡路段

在平曲线半径不变的前提下,超高横坡度采用路段运行速度计算值计算。当采用路段运行速度计算值计算的超高横坡度大于设计速度对应的超高横坡度时,应加大超高横坡度。

超高横坡度采用式(4.2.7-1)进行计算。

$$i = \frac{v_0^2}{127R} - f \quad (4.2.7-1)$$

式中:  $i$ ——超高横坡度(%);

$v_0$ ——运行速度计算值(km/h);

$R$ ——平曲线半径(m);

$f$ ——路面与轮胎之间的横向摩阻系数。

### 2) 大纵坡路段上的超高

当下坡坡度大于3%时,超高值宜增加,并按式(4.2.7-2)进行计算。

$$E_{\min} = E + \frac{i_{\text{纵}} + E}{6} \quad (4.2.7-2)$$

式中:  $E_{\min}$ ——大纵坡路段的最小超高值(%);

$i_{\text{纵}}$ ——纵向坡度(%);

$E$ ——《公路路线设计规范》规定的超高值。

## 2 评价标准

平曲线半径不变时,应按预测运行速度对应值,并考虑大纵坡对超高值的影响,加大超高横坡度。

## 4.2.8 平纵面线形组合

### 1 评价方法

平纵面线形组合设计评价应按照计算运行速度的标准,检查平曲线与竖曲线组合后的视距,在有可能妨碍视线的边坡、路缘带、树木或其他障碍物等处,沿潜在的临界视线绘出纵断面图。

### 2 评价标准

在路面上任一点按规定的视高看到的障碍物最高点的距离不得小于停车视距。

## 4.3 路基路面

### 4.3.1 路侧安全净空区

#### 1 评价方法

路侧安全净空区采用路侧安全区宽度进行评价。路侧安全净空区是指与行车道毗邻(包括硬路肩范围在内)的区域,其宽度应根据路段运行速度计算值,以及路基填、挖和平面线形指标状况进行计算,计算方法见附录C。

## 2 评价标准

当路侧安全净空区内存在障碍物时,应排除障碍,或采用解体消能式立柱代替普通立柱,或采用可越式端墙、纵向排水沟和路缘石等措施控制障碍或降低障碍的危害程度。

当路侧安全净空区以外存在悬崖等较大隐患时,应对设计采取的路侧防护措施(如增设护栏或护栏加强、加高等)的有效性进行评价。

### 4.3.2 路面

#### 1 路面结构形式

路面结构形式的选择应根据项目使用功能、交通组成、气候条件等对抗滑能力的要求,从行车安全性影响方面进行评价。

#### 2 抗滑能力

路面抗滑能力采用汽车轮胎与路面之间的摩阻系数 $f$ (见4.2.3条)进行评价,摩阻系数采用专用仪器进行测定。

评价路段主要为陡坡、急弯以及路线出入口等,评价标准采用4.2.3条中运行速度对应的 $f$ 值。

### 4.3.3 排水设施

#### 1 排水沟

##### 1)评价内容

评价主要针对位于路侧安全净空区范围内的排水沟,包括挖方路基边沟、填方路基排水沟以及中央分隔带排水沟等。位于路侧安全净空区范围之外的其他排水沟对行车安全有间接影响时也应评价。评价内容为:排水沟的形式、泄水能力及沟身结构(包括沟壁、盖板等)对特殊车辆荷载的承载力要求等。

##### 2)评价方法

排水沟的形式应根据排水沟与路侧安全净空区的关系进行评价。当排水沟处于路侧安全净空带宽度范围以内时,排水沟的形式应采用可跨越式;当排水沟处于路侧安全净空带宽度范围之外时,排水沟应在满足泄水能力要求的前提下,采用对失控车辆危害程度小的形式。

排水沟的泄水能力应根据坡面和路表的汇水流量进行检查,要求在设计暴雨径流强度下,行车道上的路面积水能及时排出。

当路侧未设置防撞护栏时,排水沟沟身结构和盖板应按实际荷载进行承载力验算,不能满足特殊荷载要求时,应增设护栏或加强结构承载力。

#### 2 路缘石和泄水槽

##### 1)路缘石

路缘石的形式应根据运行速度要求,从行车安全性方面进行评价。

##### 2)泄水槽

根据路线设计要素,计算路面积水范围、深度,检查泄水槽的设置间距能否满足泄水



能力要求。重点应对竖曲线底部以及超高路段、超高过渡段的排水设施的泄水能力进行评价。

#### 4.3.4 涵洞

当涵洞洞口位于路侧净空区范围时,应对涵洞洞口形式对行车安全性的影响进行评价。

### 4.4 桥梁

#### 4.4.1 评价范围

独立大桥和特大桥。

#### 4.4.2 桥梁引线

##### 1 速度协调性评价

速度协调性按桥梁设计速度与引线路段的运行速度差值进行评价。

##### 1)评价方法

桥梁段设计速度按批准的项目技术标准采用;桥梁两端引线路段运行速度按两端引线路段加无桥梁状态下的相同技术指标的等长路段连续计算,并根据运行速度预测方法对引线路段的线形特征点(直线起终点、平曲线起终点及中点、竖曲线变坡点)进行双向运行速度预测。引线路段运行速度计算方法见附录 B。

##### 2)评价标准

桥梁设计速度与引线路段的运行速度差小于 10km/h 时,运行速度协调性好,不需进行调整。

桥梁设计速度与引线路段的运行速度差为 10~20km/h 时,运行速度协调性较好。条件允许时,可适当调整引线路段平面、纵断面、横断面技术指标,使桥梁设计速度与引线路段的运行速度差小于 10km/h。

桥梁设计速度与引线路段的运行速度差大于 20km/h 时,运行速度协调性不良,需调整引线路段的设计。条件困难时,可在引线路段采取减速措施。

2 桥梁引线路段的平、纵、横断面以及路基路面的评价方法见本章第 4.2 和 4.3 节。

3 桥梁引线段与桥上护栏的衔接过渡方式应根据护栏形式、在横断面上的位置以及运行速度的要求进行评价。

#### 4.4.3 桥梁断面

##### 1 桥梁断面

当桥梁横断面受造价控制或其他技术改造难度过大等原因而不能设置硬路肩时,应根据行车安全需要评价设置紧急停车带的必要性。

对于增设人行道的桥梁,应根据交通组织管理以及防撞护栏和防护网设置方案,评价

人行道的行人通行安全性以及对行车道的影响。

## 2 防撞护栏

根据桥外危险程度、交通组成等对防撞护栏的形式及其高度进行评价。

## 3 桥面铺装

根据预测运行速度,结合桥梁纵、横坡度设置以及桥面较普通路面易结冰等情况,对桥面铺装的抗滑能力进行评价。

## 4 桥面排水

根据设计流量和桥梁纵坡评价桥面泄水孔的泄水能力,并评价桥面泄水对桥下车辆和行人通行的影响。

## 5 桥墩、台

应根据桥墩、台与路侧净空区的关系评价桥墩设置位置对行车安全性的影响;当桥墩位于路侧安全净空区范围时,应对桥墩防护措施的安全性进行评价。

### 4.4.4 桥面侧风影响评价

当桥梁位于 6 级以上大风多发地段时,应评价侧风对桥面行车安全的影响。

## 4.5 隧道

### 4.5.1 隧道洞口接线段

#### 1 速度协调性评价

隧道洞口接线段速度协调性按隧道设计速度与洞口接线段的运行速度差值进行评价。

##### 1)评价方法

隧道段设计速度按批准的项目技术标准采用。隧道洞口接线段运行速度按两端洞口接线段加无隧道状态下的相同技术指标的等长路段连续计算,并根据运行速度预测方法对洞口接线段的线形特征点(直线起终点、平曲线起终点及中点、竖曲线变坡点)进行双向运行速度预测。洞口接线段运行速度计算方法见附录 B。

##### 2)评价标准

隧道设计速度与洞口接线段的运行速度差小于 10km/h 时,运行速度协调性好,不需进行调整。

隧道设计速度与洞口接线段的运行速度差为 10~20km/h 时,速度协调性较好。条件允许时,可适当调整洞口接线段平面、纵断面、横断面技术指标,使隧道设计速度与洞口接线段的运行速度差小于 10km/h。

隧道设计速度与洞口接线段的运行速度差大于 20km/h 时,速度协调性不良,需调整洞口接线段设计。条件困难时,应在洞口接线段采取减速措施。

#### 2 线形一致性评价

线形一致性按照无隧道状态下的预测运行速度,对隧道各洞口接线内外的平、纵面线

形进行评价,要求洞口接线内外至少各 3s 运行速度行程长度范围的线形应保持一致。洞口接线横断面过渡应设置在洞口接线外,其过渡段长度应不小于 3s 运行速度行程。

#### 4.5.2 横断面

隧道横断面布置应根据隧道长度以及交通量情况,评价侧向宽度,人行道、检修道的宽度,并对紧急停车带、避车洞及横洞等设置的必要性及其防护措施进行评价。

#### 4.5.3 视距

曲线隧道的横向视距应按照设计速度的标准进行检查。当横向视距不足时,可加大隧道横断面尺寸或采取减速措施。

#### 4.5.4 路面及排水设施

根据隧道内行车安全要求,对隧道内(特别是隧道洞口)路面结构形式、抗滑性能以及排水沟的形式,对特殊荷载的承载能力等进行评价。评价方法与 4.3.2 和 4.3.3 条相同。

#### 4.5.5 通风、照明及监控设施

根据隧道位置、长度和交通量情况,评价设置通风、照明及监控设施的必要性,并对通风、照明、监控设施及其使用效果等对行车安全性的影响进行评价。

#### 4.5.6 消防及救援

根据隧道位置、长度和交通量情况,评价设置消防救援设施及其对行车安全性的影响。

### 4.6 路线交叉

#### 4.6.1 平面交叉

##### 1 平面交叉位置

平面交叉位置应根据连接道路、交叉口地形以及主线平纵面线形指标状况,按照有利于保证可识别性及视距三角形区域内通视,并便于控制行车速度的原则进行评价。平面交叉口应设置在视野开阔的区域,避免设置在凸形竖曲线之后或长大纵坡的底部。

##### 2 间距

平面交叉最小间距应根据交织长度、左转弯车道长度和视距进行评价。当平交口距离过小时,应通过改移被交道路位置,将相邻平交口合并设置。

##### 3 交叉角度

平面交叉范围内两相交公路的交叉角度应正交或接近正交。当交角小于  $70^\circ$  时,应根据相交公路线形指标、主交通流方向、地形等对次要公路扭正改线的设计方案进行评价。

##### 4 形式

平面交叉形式应根据转弯交通量大小、主线及被交路等级、交通管理方式以及相邻道路的分布情况等,按照尽量减少冲突点数量、最大限度缩小冲突区、主流交通优先的原则,从有利于行车安全性方面进行评价。

## 5 速度协调性

### 1) 评价方法

在不考虑平面交叉设置影响的情况下,对平面交叉路段预测平交口的线形特征点(平交口起、终点及中心点)运行速度进行评价。运行速度计算方法见附录 B。

平交口设计速度按批准的项目技术标准采用。平交口速度协调性采用平交口运行速度计算值与设计速度之差进行评价。

### 2) 评价标准

平交口运行速度计算值与设计速度之差小于 20km/h 时,速度协调性较好。

平交口运行速度计算值与设计速度之差大于或等于 20km/h 时,速度协调性不良,应对平交口加铺转角的圆曲线半径或附加车道的平、纵面线形指标,横坡,视距,安全设施等按预测运行速度的标准进行调整。

## 6 附加车道

附加车道包括变速车道和转弯附加车道(右转弯和左转弯)。

### 1) 变速车道

变速车道应按照预测运行速度的标准、交叉角度对其几何设计指标(长度、宽度、纵坡、辅助车道以及渐变段的宽度、长度等)进行评价。

### 2) 转弯附加车道

左、右转弯附加车道应根据公路等级、交叉角度、交通组成及交通量等评价其设置必要性,并应按照预测运行速度的标准评价其右转弯车道半径以及左转弯等候车道的长度等几何指标。

## 7 视距

### 1) 评价方法

平交口评价视距采用预测运行速度计算的引道视距(ASD)。引道视距量取标准为:眼高 1.2m,物高 0 m。停车视距计算方法见 4.2.3 条,一般情况下反应时间按 2.5s 计,困难时可按 2.0s 计。当纵坡大于 2% 时,应按眼高 1.2m、物高 0m 的标准对凸形竖曲线的影响进行修正。

### 2) 评价标准

采用运行速度计算的两相邻岔路间各自停车视距(SSD)所组成的三角区内不得有阻碍通视的物体,如图 4.6.1-1 所示。

当条件限制不能保证两岔路间由停车视距所组成的通视三角区时,应保证如图 4.6.1-2 所示的在主要公路上的安全交叉停车

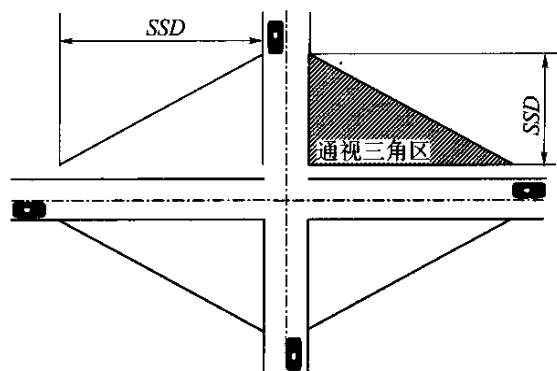


图 4.6.1-1 停车视距通视三角区

视距,次要公路上至主要公路车道中心线为5~7m所组成的三角区应保持通视。安全交叉停车视距( $SISD$ )采用式(4.6.1)计算。

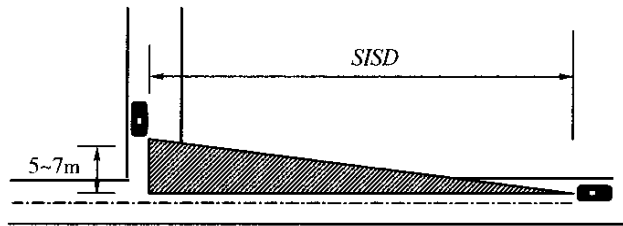


图 4.6.1-2 安全交叉停车视距三角区

$$SISD = (3v_{85}/3.6) + SSD = 0.833 v_{85} + SSD \quad (4.6.1)$$

式中: $SISD$ ——安全交叉停车视距(m);

$SSD$ ——停车视距(m);

$v_{85}$ ——运行速度计算值(km/h)。

## 8 交通岛和其他交通管理设施

### 1) 交通岛

交通岛应根据预测运行速度、路基横断面布置以及交叉角度,对其形式、岛端圆弧半径、渐变参数以及路缘石类型等进行评价。

### 2) 其他设施

其他交通管理设施包括:行人越路设施、标志、标线和信号、护栏、栅栏、绿篱等,以上设施应按设计规范要求逐项进行评价。

## 4.6.2 互通式立体交叉

### 1 位置

互通式立交位置应根据交叉口地形、主线及被交道平纵面线形指标以及转弯交通量等情况,按照有利于主流交通方向匝道布置和保证视距的原则进行评价。

### 2 间距

互通式立交间距是指互通式立交之间或互通式立交与服务区、停车场等服务管理设施及隧道之间的间距,采用最小间距进行评价。其评价主要内容如下:

(1)互通式立交之间是否有足够的交织区构造长度及变速车道(包括辅助车道)长度。

(2)能否给前置标志留出充分距离,并对立交出口发出预报信息。检查是否能设置合理的标志牌,以确保主线具有良好的行车条件。

(3)当互通式立交间距小于规范规定的最小间距时,应对采取的安全措施的有效性进行评价。

### 3 形式

互通式立交形式应根据转弯交通量、互通式立交等级、交叉口地形、收费方式以及相邻道路的分布情况进行评价。评价内容如下:

- (1) 匝道技术指标与各方向转向交通量的适应性。
- (2) 主流交通的连续性。
- (3) 整条公路上一系列互通式立交布局的一致性及不一致时采取的安全措施。

#### 4 主线速度协调性评价

##### 1) 评价方法

在不考虑互通式立交设置影响的前提下,预测互通式立交路段主线线形特征点(变速车道起、终点)的运行速度。运行速度计算方法见附录 B。

互通式立交主线的设计速度按批准的项目技术标准采用。互通式立交主线的速度协调性采用互通式立交主线的运行速度计算值与设计速度之差进行评价。

##### 2) 评价标准

互通式立交段主线运行速度计算值与设计速度之差小于或等于 20km/h 时,速度协调性较好。

互通式立交主线段的运行速度计算值与设计速度之差大于 20km/h 时,速度协调性不良,应按预测运行速度的标准对互通式立交主线段的平、竖曲线的半径,纵坡,横坡,视距及加、减速车道长度等技术指标进行调整。

#### 5 匝道速度协调性评价

##### 1) 运行速度协调性

按照附录 B 的计算方法,预测互通式立交匝道运行速度,初始速度采用匝道设计速度。互通式立交匝道运行速度协调性评价按 4.1.3 条的方法和标准进行。

##### 2) 设计速度与运行速度协调性

互通式立交匝道的设计速度按批准的项目技术标准采用。互通式立交匝道的运行速度计算值与匝道设计速度之差大于 10km/h 时,速度协调性不良,应调整互通式立交匝道的技术指标。

互通式立交匝道的运行速度计算值与匝道设计速度之差小于或等于 10km/h 时,速度协调性好。

#### 6 匝道出、入口

##### 1) 相邻出、入口间距

相邻出、入口间距采用最小间距进行评价。应按预测运行速度标准,检查互通式立交相邻出、入口以及出、入口至匝道上的分、合流点之间的距离与规范规定最小值的符合性。当相邻出、入口间距小于规范规定的最小间距时,应调整匝道出、入口位置。

##### 2) 车道数平衡

在互通式立交出、入口,应按规范规定的车道数平衡原则对加、减速车道的车道数进行检查;匝道为双车道时,应检查辅助车道的设置长度是否符合规范要求。

车道数减少应根据渐变段位置对视距以及标志牌设置要求进行评价。

##### 3) 加、减速车道长度

加、减速车道长度应根据主线预测运行速度标准以及匝道车道数、主线纵坡进行评价。

#### 4)分流鼻端

根据主线预测运行速度,对分流鼻处最小曲率半径、回旋曲线参数  $A$  值以及分流鼻端偏置加宽渐变率进行评价。

### 7 匝道

#### 1)匝道横断面布置

匝道横断面宽度应按预测交通量和通行能力验算结果进行评价。当单车道匝道长度较长时,应评价设置超车道的必要性。

#### 2)平、纵面线形和超高、加宽

匝道平、纵面线形应按照预测运行速度进行评价。当预测运行速度超过设计速度  $10\text{km/h}$  时,应对匝道平、纵面线形全部指标进行检查和调整,评价方法和标准参见 4.2 节路线的有关内容。

### 8 视距

#### 1)匝道

匝道采用停车视距进行评价,评价方法和标准参见 4.2.3 条。

#### 2)分流点

分流点视距应根据主线预测运行速度,采用分流识别视距进行评价。识别视距按  $10\sim 13\text{s}$  的行程进行计算。整个出口端部,包括分流点后  $40\text{m}$  的匝道路段范围,按识别视距应保持通视,如图 4.6.2 所示。

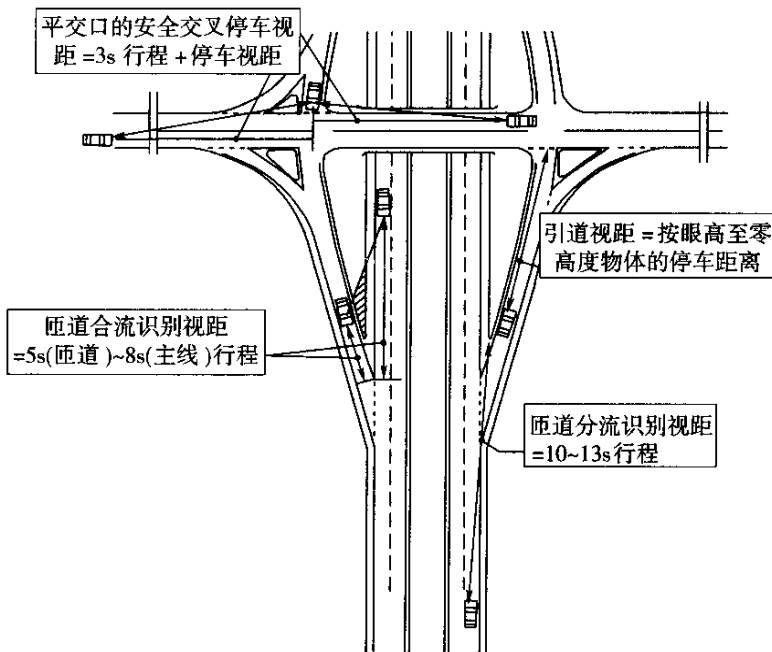


图 4.6.2 互通式立交视距参数图

#### 3)合流点

合流点视距应根据主线预测运行速度标准,采用合流识别视距进行评价。合流识别视距,匝道按行驶  $5\text{s}$  的距离进行计算,主线按行驶  $8\text{s}$  的距离进行计算。在合流点、主线

识别视距和匝道识别视距三角区内应保持通视,如图 4.6.2 所示。

## 9 路基路面

按 4.5 节评价内容和方法对主线和匝道分别进行评价。

### 4.6.3 分离式立交

#### 1 主线下穿式

##### 1) 净空

当分离式立交主线位于凹形竖曲线范围时,应检查长大车辆在桥下的净空是否满足要求(如图 4.6.3 所示)。

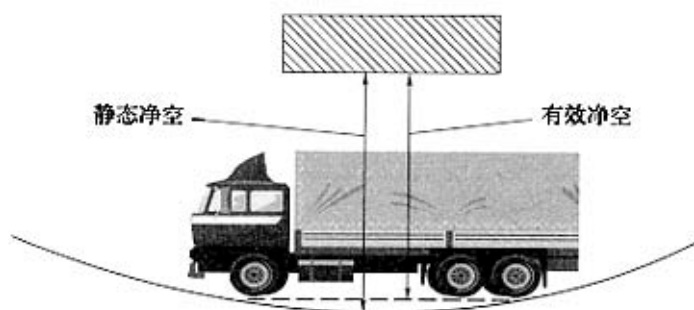


图 4.6.3 长大车辆的净空减小

##### 2) 桥墩

根据桥墩与路侧安全净空区的关系评价桥墩设置位置对行车安全性的影响。当桥墩位于路侧安全净空区范围时,应对桥墩防护措施的安全性进行评价。

##### 3) 视距

根据预测运行车速,检查跨线桥的桥墩、桥台是否位于视距包络图内。当桥墩或桥台位于包络图内时,应调整其桥墩位置。

#### 2 主线上跨式

主线跨线桥梁按一般桥梁评价方法进行评价,被交路按匝道评价方法进行评价。

## 4.7 交通工程及沿线设施

### 4.7.1 标志

#### 1 标志设置

标志设置评价应按常规、警告、指示三个大类逐项进行。评价内容如下:

(1) 标志设置的必要性。

(2) 标志设置位置的正确性,包括标志高度、距公路硬路肩边缘的横向距离以及警告标志距危险点的距离等。其中警告标志距危险点的距离应按照运行速度计算值进行评价,评价标准见表 4.7.1。



表 4.7.1 警告标志到危险地点的距离

运行速度(km/h)	> 100	90 ~ 70	60 ~ 40	< 30
距离(m)	200 ~ 250	100 ~ 200	50 ~ 100	20 ~ 50

(3)标志设置对视距的影响以及是否被跨线桥等构造物遮挡。

(4)标志的反光强度等级与光线(白天、黑夜)、气候条件(雨、雪、雾等)及运行速度的适应性。

(5)标志基础和立柱的影响。当标志基础位于路侧净空区内时,标志杆是否采用了解体消能或易折断的材料,或设置了安全护栏。

(6)标志信息内容变化的连续、有效和正确性。

(7)标志与标线对同一信息内容表述的一致性。

## 2 标志尺寸和字高

标志尺寸和标志版面上的字高应根据标志的功能类型,按运行速度计算值对应的尺寸标准进行评价。当设计标志尺寸和字高对应的设计速度小于运行速度计算值 20km/h 时,应增大标志尺寸和标志版面上的字高。

## 4.7.2 标线及视线诱导标

### 1 标线

标线设置评价内容如下:

(1)设置公路边线及行车道线路段的标线宽度、厚度、线型(虚、实)、颜色等进行规范性检查。

(2)禁行区的标线设置。

(3)标线在潮湿或夜间等行车条件下的反光性能是否符合安全要求。不能满足要求时是否设置了反光路钮,并评价反光路钮的设置间距是否符合安全要求。

(4)标线划线材料的抗滑性能。

### 2 视线诱导标

视线诱导标包括轮廓标、线形诱导标和分合流标志,评价内容为:

(1)轮廓标设置间距及其使用材料检查。

(2)线形诱导标设置路段及其设置间距检查。

(3)分合流标设置与否及其位置检查。

## 4.7.3 护栏

### 1 路侧护栏

评价内容为:

(1)路侧净空宽度范围内存在路堤、桥墩(柱)、树木、排水沟、标志、灯杆的刚性立柱或基础等可能对失控车辆产生安全隐患的路段护栏设置及其形式。

(2)路侧存在悬崖、溪流、铁路或其他道路等安全隐患时护栏的形式和高度。

(3)护栏设置的连续性和一致性及其端头处理方式。

(4)桥梁、隧道等结构物与引道护栏、路段上不同形式护栏之间(如新泽西护栏与波形梁护栏)的衔接及过渡方式。

## 2 中央分隔带护栏

评价内容为:

- (1)根据中央分隔带宽度和预测运行速度评价护栏设置的必要性及其形式。
- (2)中央分隔带存在桥墩(柱)等刚性固定物时的护栏设置形式。
- (3)中央分隔带护栏对建筑净空限界的影响。
- (4)中央分隔带开口段护栏的形式。

### 4.7.4 中央分隔带防眩设施

#### 1 设置的必要性

中央分隔带防眩设施设置的必要性应根据平纵面线形指标、中间带宽度进行评价。防眩设施可采用植物防眩或设防眩板的方式。

#### 2 防眩效果

- (1)植物防眩:根据灌木长成后的树冠大小评价灌木株距对防眩效果的影响。
- (2)防眩板:根据平曲线曲率半径评价防眩板的设置间距和折光角度对防眩效果的影响。

#### 3 视距影响

当连续设置的防眩板和植物防眩将对视距产生影响时,应按运行速度计算值对视距影响进行评价,评价方法按4.2节执行。当连续设置的防眩板和绿篱不能满足视距要求时,宜改用非连续设置的植物进行防眩。

### 4.7.5 收费站位置

收费站位置应按货车运行速度计算值及货车停车视距对进入收费站的路段进行评价。货车停车视距的计算方法和评价标准参见4.2节有关内容。

### 4.7.6 监控系统

监控系统应根据交通工程及沿线设施的分级、交通量及其组成、特大桥梁、隧道、互通式立交以及特殊气候和气象路段的分布、长大纵坡等评价监控设施设置的合理性。

### 4.7.7 服务区和停车区

服务区和停车区的评价内容包括其位置、数量以及主线和出入口匝道的几何设计参数等。

1 服务区和停车区的设置位置和数量应根据沿线管理和服务设施的总体布局、交通量及其组成、长大纵坡分布等进行评价。

2 服务区和停车区的主线和出入口匝道的几何设计参数评价方法及标准与互通式立交相同,详见4.6.2条有关内容。

## 5 运营阶段

### 5.1 公路状况评价

#### 5.1.1 设计符合性

运营阶段的公路项目,应根据施工过程中的设计变更情况,对建成公路的状况进行设计符合性评价。评价按照批准的施工图设计文件及变更设计文件进行。评价的内容包括平面、纵断面、横断面、平纵面线形组合、路基路面、桥梁、隧道、路线交叉、交通工程及沿线设施等的变更设计、施工部分。评价采取现场调查与设计文件或技术标准对照的方式进行。

##### 1 现场调查内容

现场调查应在白天和夜间分别进行,有条件时还应对事故多发路段进行雨、雪、雾天等恶劣气候条件或交通高峰期的调查。路段调查前,应沿公路双方向进行考察,并采取连续摄像或拍照的方式先将全路状况进行记录,以找出全线的安全敏感区,然后现场对影响安全的主要区域或路段进行详细勘查。

现场调查主要内容清单如下:

##### 1) 平纵面线形

(1)对平曲线半径较小、纵断面线形指标较低的路段,按照设计速度根据不同公路使用者的视线高度,现场进行平纵面线形连续性和视距的安全性检查。

(2)夜间沿路检查对向行车产生眩光的路段的安全性。

##### 2) 路基横断面

(1)沿路检查是否有在未进行预告的情况下,出现路基宽度或车道数量发生变化的情况。

(2)从通行能力的角度进行观测,是否存在非预期或不正常理由的交通拥挤现象的路段。

(3)检查公路建筑限界内是否有固定物侵入。

##### 3) 路侧

(1)检查并记录路侧安全净空区(安全净空区宽度规定见附录 C)内所有固定物是否采取了保护措施,包括未加盖板的深边沟及其他高出路面的排水设施、未设护栏的路堤边坡、跨线桥(互通立交)桥墩(柱)及其基础、标志杆、照明灯杆、大树等。

(2)检查公路路缘石的形式和高度。

(3)检查路侧安全净空区范围的涵洞洞口形式对行车安全性的影响。

(4)检查路侧安全净空区宽度延伸范围存在陡崖、深水、垂直边沟或其他道路等较大隐患时采取的保护措施。

#### 4)路面及排水

(1)对路面养护状况、路面平整度进行检查,特别注意路面破损对行车安全的影响。

(2)对陡坡、急弯等路段,以及其他路表抗滑能力明显衰减的路段,进行路面抗滑性能检测评价。

(3)对路面排水设施养护状况进行检查,同时对泄水能力进行检查。

#### 5)桥梁、涵洞(含分离式立交跨线桥)

(1)检查桥梁护栏(一般为钢筋混凝土)与桥头接线护栏(一般为波形梁)的衔接方式。

(2)检查桥头接线处、桥梁伸缩缝处是否产生桥头跳车,检查桥面铺装养护状况,桥面平整度。

(3)桥上设人行道或非机动车道时检查其与行车道的隔离设施。

(4)桥上路侧安全净空区范围的照明灯杆防护措施。

(5)桥面铺装和桥面排水系统检查方法与“路面及排水”相同。

(6)调查桥梁所在地区是否经常存在桥面侧向6级以上大风,侧风存在时是否有应急安全措施(包括特大风时禁止通行的交通管制措施)。

#### 6)隧道

(1)检查隧道洞口形式、隧道洞口附近路基横断面变化等的设计或技术标准符合性以及行车可能产生的不安全影响。

(2)检查洞口段路面构造深度,测定摩阻系数。

(3)在设计条件下,测定进出口照明灯亮度。

(4)测定空气质量,检查通风效果。

(5)检查消防及救援设施的配置情况。

#### 7)平面交叉

(1)检查辅助车道和转弯车道是否设置,及其设计指标的符合性。

(2)按运行速度根据不同车型的视线高度对视距三角形区域进行检查,同时对交叉口所在区段的纵向视距进行检查。

(3)对排水系统的养护状况和设计指标的符合性进行检查。

(4)检查交通渠化设施以及行人越路设施、标志、标线和信号、护栏、栅栏、绿篱等设施的设置情况。

(5)检查被交道路等级、坡度、路面状况及其对本项目交叉口车辆运行安全的影响,同时根据被交道路以及本项目交通量检查交叉口控制方式(有信号、无信号)对行车安全的影响。

#### 8)互通式立交

(1)变速车道设置、交织区长度设计符合性检查。

(2)车道平衡检查以及辅助车道是否设置及其设计符合性检查。

- (3)按运行速度对匝道以及分、合流三角区的安全视距进行检查。
- (4)各部位的路缘石形式和高度以及路面排水系统检查。
- (5)指示标志和标线内容正确性和可视性检查。

#### 9)交通工程及沿线设施

- (1)对各类标志的可见性、标志内容的识读性进行检查。
- (2)其他检查内容参见设计阶段评价内容。

#### 10)临时施工区

(1)检查临时施工区的可见性、施工警告标志(警示灯等)的设置及位置对行车安全的影响。

(2)检查临时施工区对正常路段交通运行的影响、施工期间采取的交通组织措施对行车安全的影响。

### 2 评价方法和标准

参见第4章设计阶段评价。

#### 5.1.2 运行速度协调性

运行速度协调性评价采用实测运行速度进行,条件不具备时也可采用第4章的运行速度计算模型进行预测。实测评价运行速度采用断面测速进行统计后得出代表车型的运行速度( $v_{85}$ )。在交通事故调查分析的基础上,实测断面应布置在事故多发段和预测运行速度协调性不良段的线形特征点,测速数据量应满足 $v_{85}$ 统计数量要求。

运行速度评价标准与第4.1节相同。

#### 5.1.3 设计速度协调性

同一路段设计速度与运行速度的协调性根据实测代表车型运行速度( $v_{85}$ )进行评价,条件不具备时也可采用第4章的运行速度模型进行预测。

评价标准见第4.1节。

### 5.2 事故调查

调查运营公路事故路段的类型、技术指标、路面状况,事故发生的时间、天气状况,事故形态、事故车辆速度、事故车型及实载率,交通控制方式等。

### 5.3 事故分析

应对交通事故的时间分布、空间分布、气候特征、事故程度、事故原因及形态等进行分析,并根据运行速度和设计速度协调性评价结果等综合因素对事故黑点进行全面分析,提出解决措施和改进方案。

## 附录 A(1) 公路项目安全性评价报告格式 (可行性研究阶段)

## 目 次

- 第一章 概述
- 第二章 技术标准
- 第三章 技术方案
- 第四章 环境影响

## 第一章 概 述

- 一、工作依据；
- 二、工作过程；
- 三、主要结论。

## 第二章 技术 标准

根据拟建或改建项目的预测交通量、交通组成、项目功能以及在路网中的地位、沿线地形等,从行车安全性方面评价公路等级、设计速度、路基横断面宽度等技术指标选择的合理性及可行性。

## 第三章 技术 方案

根据交通量及其组成、平纵面技术指标、气候条件等,从行车安全性方面对技术指标,起、讫点,平面交叉,互通式立交,跨线桥及通道方案,改建项目施工期间的分流方案或不中断交通施工时的交通组织方案进行评价。

## 第四章 环境 影响

- 一、气候；
- 二、不良地质；
- 三、动物。



## 附录 A(2) 公路项目安全性评价报告格式 (设计阶段)

## 目 次

- 第一章 概述
- 第二章 工程概况
- 第三章 总体评价
- 第四章 路线
- 第五章 路基路面
- 第六章 桥梁
- 第七章 隧道
- 第八章 路线交叉
- 第九章 交通工程及沿线设施

## 第一章 概 述

- 一、工作依据；
- 二、工作过程；
- 三、主要结论。

## 第二章 工程概况

说明项目的地理位置、起讫点、主要控制点、建设规模、技术标准等。

## 第三章 总体评价

- 一、说明预测路段运行速度的方法、参数及结果；
- 二、评述相邻路段运行速度协调性的情况；
- 三、评述同一路段运行速度与计算行车速度协调性的情况。

## 第四章 路 线

- 一、根据同一路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,提出路段平面、纵断面、横断面等技术指标的调整建议；
- 二、根据评价运行速度对停车视距进行检查,并对爬坡车道、紧急避险车道设置的必要性以及设置方案进行评价。

## 第五章 路基路面

- 一、根据评价运行速度对路侧安全净空区进行检查,提出调整建议；
- 二、根据同一路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果以及行车安全性要求,提出路基路面等设计方案的调整建议。

## 第六章 桥 梁

- 一、根据同一路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,提出桥梁接线路段的平、纵、横调整建议；
- 二、根据项目特点和行车安全要求,提出桥梁护栏、桥面铺装、排水设施以及桥头衔接等方面的调整建议。

## 第七章 隧 道

一、根据同一路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,提出隧道接线路段平、纵、横等方面的调整建议;

二、根据项目特点和行车安全要求,提出隧道与路基衔接、路面、排水以及运营管理设施等方面的调整建议。

## 第八章 路线交叉

一、根据平面交叉或立体交叉运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,提出平面交叉或立体交叉的位置、形式等方面的调整建议;

二、根据评价运行速度对变速车道的长度、视距三角区以及匝道的平、纵、横等方面的技术指标进行检查,并提出调整建议。

## 第九章 交通工程及沿线设施

一、根据路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,对标志位置、版面和字体尺寸以及收费设施的位置等方面提出调整建议;

二、对标志基础及系统性、护栏位置和形式、标线和诱导标志的有效性等进行检查,提出调整建议。

## 附录 A(3) 公路项目安全性评价报告格式 (运营阶段)

## 目 次

- 第一章 概述
- 第二章 工程概况
- 第三章 交通事故调查及统计分析
- 第四章 总体评价
- 第五章 路线
- 第六章 路基路面
- 第七章 桥梁
- 第八章 隧道
- 第九章 路线交叉
- 第十章 交通工程及沿线设施

## 第一章 概 述

- 一、工作依据；
- 二、工作过程；
- 三、主要结论。

## 第二章 工程概况

说明项目的地理位置、起讫点、主要控制点、建设规模、技术标准等。

## 第三章 交通事故调查及统计分析

- 一、根据事故统计资料对交通事故的时间、空间、气候特征、事故程度、事故原因、车型、实载率以及形态等进行分析。
- 二、根据协调性评价结果对事故黑点进行分析。

## 第四章 总体评价

- 一、说明运行速度实测或预测的方法、参数及结果。
- 二、评述相邻路段运行速度协调性的情况,结合事故调查分析结果提出整改建议。
- 三、评述同一路段运行速度与设计速度协调性的情况。

## 第五章 路 线

根据评价运行速度对停车视距进行检查,并对爬坡车道、紧急避险车道设置的必要性以及设置方案进行评价。

## 第六章 路基路面

- 一、根据评价运行速度对路侧安全净空区进行检查,提出调整建议；
- 二、根据现场调查结果以及行车安全性要求,提出路基路面的调整建议。

## 第七章 桥 梁

一、根据同一路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,提出桥梁接线路段安全设施的整改建议。

二、根据现场调查结果提出桥梁护栏、桥面铺装、排水设施以及桥头衔接等方面的整改建议。

## 第八章 隧 道

一、根据同一路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,提出隧道接线路段安全设施的整改建议。

二、根据现场调查结果提出隧路衔接、路面、排水以及运营管理设施等方面的整改建议。

## 第九章 路线交叉

一、根据平面交叉或立体交叉运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,对匝道与主线运行车速的适应性提出整改建议。

二、根据评价运行速度对变速车道的长度、视距三角区以及匝道的平、纵、横等方面的技术指标进行检查,并提出调整建议。

## 第十章 交通工程及沿线设施

一、根据路段运行速度与计算行车速度协调性评价的结果,对标志位置、版面和字体尺寸以及收费设施的位置等方面提出调整建议。

二、对标志基础及系统性、护栏位置和形式、标线和诱导标志的有效性等进行检查,提出调整建议。

三、根据事故分析结果,针对事故主要原因提出交通工程及沿线设施整改方案。



## 附录 B(1) 运行速度计算方法(一)

### B(1).0.1 运行速度分析路段划分

根据曲线半径和纵坡坡度的大小将整条路线划分为直线段、纵坡段、平曲线段和弯坡组合段等若干个分析单元,每个单元的起、终点为预测运行速度线形特征点。其中,纵坡坡度小于 3% 的直线段和半径大于 1 000m 的大半径曲线自成一段;其余小半径曲线段和纵坡坡度大于 3%、坡长大于 300m 的纵坡路段以及弯坡组合段,作为独立单元分别进行运行速度测算;当直线段位于两小半径曲线段之间,且长度小于临界值 200m 时,则该直线视为短直线,车辆在此路段上的运行速度保持不变。

### B(1).0.2 运行速度 $v_{85}$ 的测算

在任选一个方向进行第一次的运行速度  $v_{85}$  测算时,首先要推算与设计路段衔接的相邻路段速度,作为本路段的初始运行速度  $v_0$ ,然后根据所划分的路段类型,按直线段、平曲线段和长大纵坡路段等分别进行运行速度  $v_{85}$  的测算。

#### 1 初始运行速度 $v_0$

一般可通过调查点的现场观测或按表 B(1).0.2-1 估算各种设计速度对应的小客车和大型货车的运行速度,作为预测路段的初始运行速度  $v_0$ 。

表 B(1).0.2-1 设计速度与运行速度  $v_0$  间的对应关系表

设计速度(km/h)		60	80	100	120
初始运行速度 $v_0$	小客车	80	95	110	120
	大型货车	55	65	75	75

#### 2 直线段上的加速过程和稳定运行速度

在平直路段上,小客车和大货车在直线上都有一个期望行驶速度。当初始运行速度  $v_0$  小于期望运行速度时为变加速过程,直至达到稳定的期望车速后匀速行驶。平直路段上车辆的加速过程,按式(B(1).0.2-1)和表 B(1).0.2-2 测算车辆在直线上的运行速度。

$$v_s = \sqrt{v_0^2 + 2a_0S} \quad (\text{B(1).0.2-1})$$

式中: $v_s$ ——直线段上的期望车速(m/s);

$v_0$ ——驶出曲线后的运行速度(m/s);

$a_0$ ——车辆的加速度(m/s<sup>2</sup>);

$S$ ——直线段距离(m)。

平直路段上期望运行速度和推荐加速度值见表 B(1).0.2-2。

表 B(1).0.2-2 平直路段上期望运行速度和推荐加速度值

车 型	小 客 车	大 货 车
期望运行车速 $v_e$ (km/h)	120	75
推荐加速度值 $a_0$ (m/s <sup>2</sup> )	0.15~0.50	0.20~0.25

### 3 小半径曲线段的运行速度

对于平曲线半径小于 1000m 的路段,分别对曲线中部和曲线出口处的运行速度进行预测。根据曲线入口速度  $v_{in}$ 、当前路段的曲线半径  $R_{now}$  和前接曲线的半径  $R_{back}$ ,预测曲线中部的速度  $v_{middle}$ ;然后根据曲线中部速度  $v_{middle}$ 、当前路段的曲线半径  $R_{now}$  和后续路段的曲线半径  $R_{front}$ ,预测曲线出口处的运行速度  $v_{out}$ 。

曲线中部速度  $v_{middle}$  和曲线出口处的运行速度  $v_{out}$  分别按表 B(1).0.2-3 中的速度预测模型进行计算。

表 B(1).0.2-3 平曲线上的速度预测模型

曲线连接形式		平曲线模型
入口直线-曲线	小客车	$v_{middle} = -24.212 + 0.834v_{in} + 5.729\ln R_{now}$
	大货车	$v_{middle} = -9.432 + 0.963v_{in} + 1.522\ln R_{now}$
入口曲线-曲线	小客车	$v_{middle} = 1.277 + 0.924v_{in} + 6.19\ln R_{now} - 5.959\ln R_{back}$
	大货车	$v_{middle} = -24.472 + 0.990v_{in} + 3.629\ln R_{now}$
出口曲线-直线	小客车	$v_{out} = -11.946 + 0.908v_{middle}$
	大货车	$v_{out} = 5.217 + 0.926v_{middle}$
出口曲线-曲线	小客车	$v_{out} = -11.299 + 0.936v_{middle} - 2.0601\ln R_{now} + 5.203\ln R_{front}$
	大货车	$v_{out} = 5.899 + 0.925v_{middle} - 1.005\ln R_{now} + 0.329\ln R_{front}$

### 4 纵坡路段

当纵坡坡度大于 3%、坡长大于 300m 时,按表 B(1).0.2-4 对小客车和大货车的运行速度  $v_{85}$  进行修正。

表 B(1).0.2-4 特殊纵坡下各车型运行速度的修正

纵坡坡度		速度调整值	
		小客车	大货车
上坡	坡度 $\leq 4\%$	降低 5km/h/1000m	按图 B(1).0.2 所示速度折减量与坡长的关系曲线进行调整
	坡度 $> 4\%$	降低 8km/h/1000m	
下坡	坡度 $\leq 4\%$	增加 10km/h/500m 至期望运行速度	增加 10km/h/500m 至期望运行速度
	坡度 $> 4\%$	增加 10km/h/500m 至期望运行速度	增加 15km/h/500m 至期望运行速度

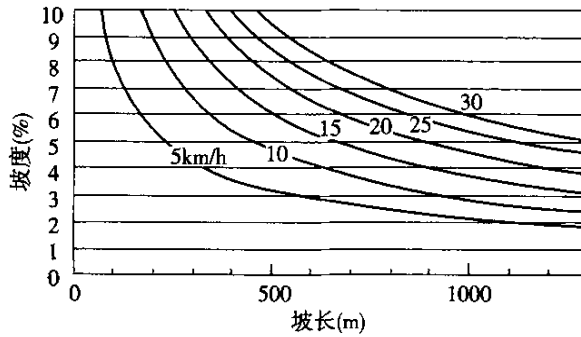


图 B(1).0.2 速度折减量与坡长的关系曲线图

### 5 弯坡组合路段

根据划分路段曲线前的入口速度、曲线半径和纵坡坡度,按表 B(1).0.2-5 计算小客车和大货车在弯坡组合线形中点的运行速度  $v_{85}$ 。

表 B(1).0.2-5 弯坡组合线形下的运行速度预测模型

曲线连接形式		弯坡组合运行速度预测值
入口直线-曲线	小客车	$v_{middle} = -31.669 + 0.574v_{in} + 11.714\ln R_{now} + 0.176i_{now1}$
	大货车	$v_{middle} = 1.782 + 0.859v_{in} - 0.51i_{now1} + 1.196\ln R_{now}$
入口曲线-曲线	小客车	$v_{middle} = 0.750 + 0.802v_{in} + 2.717\ln R_{now} - 0.281i_{now1}$
	大货车	$v_{middle} = -1.798 + 0.248\ln R_{now} + 0.977v_{in} - 0.133i_{now1} + 0.23\ln R_{back}$
出口曲线-纵坡	小客车	Car: $v_{out} = 27.294 + 0.720v_{middle} - 1.444i_{now2}$
	大货车	Truck: $v_{out} = 13.490 + 0.797v_{middle} - 0.697i_{now2}$
出口曲线-曲线	小客车	Car: $v_{out} = 1.819 + 0.839v_{middle} + 1.427\ln R_{now} + 0.782\ln R_{front} - 0.48i_{now2}$
	大货车	Truck: $v_{out} = 26.837 + 0.109\ln R_{front} - 3.039\ln R_{now} - 0.594i_{now2} + 0.830v_{middle}$

注:①表中  $R \in [120, 1000] \cup [2\%, 6\%]$ ;

②  $v_{in}$ 、 $v_{middle}$ 、 $v_{out}$ ——分别为驶入曲线的速度、曲中或变坡点前的速度、驶出曲线的速度;

③  $R_{back}$ 、 $R_{now}$ 、 $R_{front}$ ——分别为驶入曲线前的半径、所在曲线的半径、前曲线的半径;

④  $i_{now1}$ 、 $i_{now2}$ ——分别为曲线前后两段的不同坡度。

### B(1).0.3 运行速度断面图

根据各分析单元测算的运行速度值,以  $v_{85}$ 为纵坐标,路线里程桩号为横坐标,加上直线与平曲线、纵坡、竖曲线等栏目,绘制出沿线运行速度变化曲线,即“运行速度断面图”。

## 附录 B(2) 运行速度计算方法(二)

### B(2).0.1 计算图表

- (1)表 B(2).0.1-1:路段上小客车的运行车速表。
- (2)图 B(2).0.1-1:直线段小客车速度图。
- (3)图 B(2).0.1-2:曲线段小客车运行速度图。

### B(2).0.2 计算方法

第一步:

- (1)按照设计成果绘制平面线形草图。
- (2)对须计算车速的路段,考虑 1.0 ~ 1.5km 长度的引道(即到达计算路段以前路段)运行速度。
- (3)把一条路线划分成若干个路段,每个直线自成一段,半径大于 600m 的平曲线视为直线。
- (4)将位于表 B(2).0.1-1 第一纵栏范围之一的相邻曲线划分为一个路段,曲线组中一条曲线若不位于表 B(2).0.1-1 第一纵栏范围时,应单独划分成一个路段。

表 B(2).0.1-1 路段上小客车的运行车速表

路段半径范围(m)	路段单曲线半径(m)	路段运行车速 (km/h)
45 ~ 65	55	50
50 ~ 70	60	52
55 ~ 75	65	54
60 ~ 85	70	56
70 ~ 90	80	58
75 ~ 100	85	60
80 ~ 105	95	62
85 ~ 115	100	64
90 ~ 125	110	66
100 ~ 140	120	68
105 ~ 150	130	71
110 ~ 170	140	73
120 ~ 190	160	75
130 ~ 215	175	77

续上表

路段半径范围(m)	路段单曲线半径(m)	路段运行车速(km/h)
145 ~ 240	190	79
160 ~ 260	210	82
180 ~ 285	235	84
200 ~ 310	260	86
225 ~ 335	280	89
245 ~ 360	305	91
270 ~ 390	330	93
295 ~ 415	355	96
320 ~ 445	385	98
350 ~ 475	410	100
370 ~ 500	440	103
400 ~ 530	465	105
425 ~ 560	490	106 *
450 ~ 585	520	107 *
480 ~ 610	545	108 *
500 ~ 640	570	109 *
530 +	600	110 *

注:① \* 这些估算在测试数据范围以外;

②除雨雾天气影响视线外,本表仅对潮湿公路有效。

第二步:根据路线草图,按表 B(2).0.1-1 和图 B(2).0.1-1、图 B(2)0.1-2,即可计算出每个行车方向各路段起、终点,线形特征点以及特定点的运行车速。

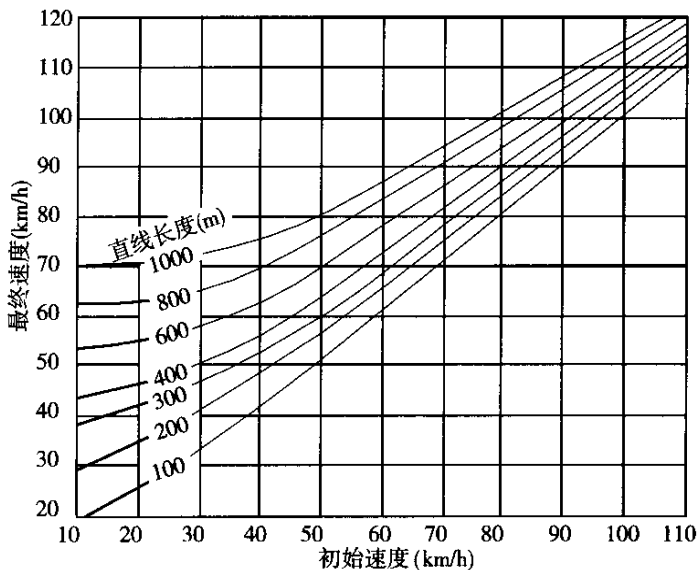


图 B(2).0.1-1 直线段小客车的运行速度

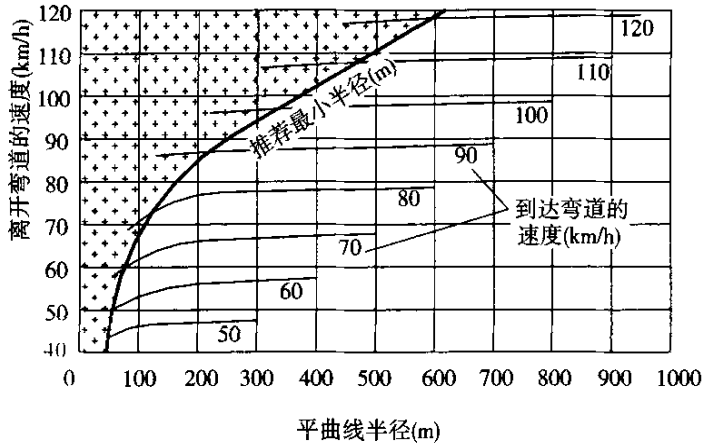


图 B(2)0.1-2 曲线段小客车的运行速度

第三步:根据纵坡坡度对运行速度进行修正。

(1)纵坡坡度大于等于 4%时,运行车速加减 5km/h。

(2)纵坡坡度大于等于 3%,并且纵坡长度(连续上坡或者连续下坡)大于 2km,运行车速加减 5km/h。

最后,根据以上运行速度预测值绘制出连续的运行速度图。

### B(2).0.3 计算说明

(1)本方法仅适用于小客车。

(2)半径超过 600m 的平曲线按直线段考虑。

(3)车道宽度小于 3m 时,车速计算值可减小 3km/h。

(4)路面状况效应:在有车辙或面层破裂的公路上,车速计算值可酌减 5~10km/h。

## 附录 C 路侧安全净空区宽度计算方法

### C.0.1 直线段安全净空区基本宽度

填/挖方路基直线段路侧安全净空宽度规定分别见图 C.0.1-1 和图 C.0.1-2。

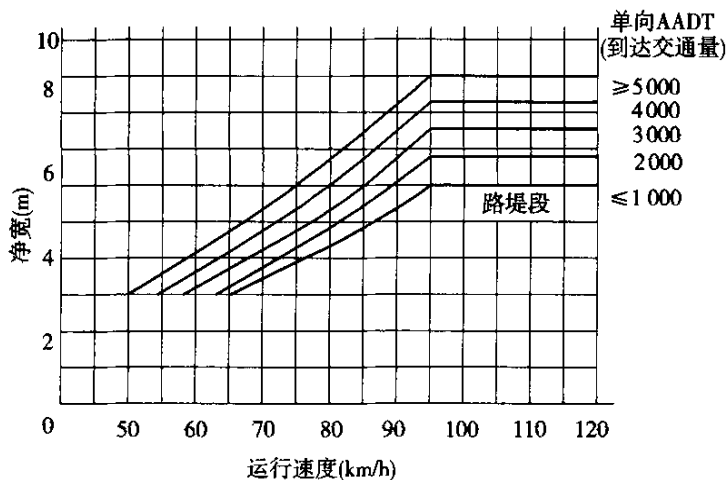


图 C.0.1-1 填方路基安全净宽

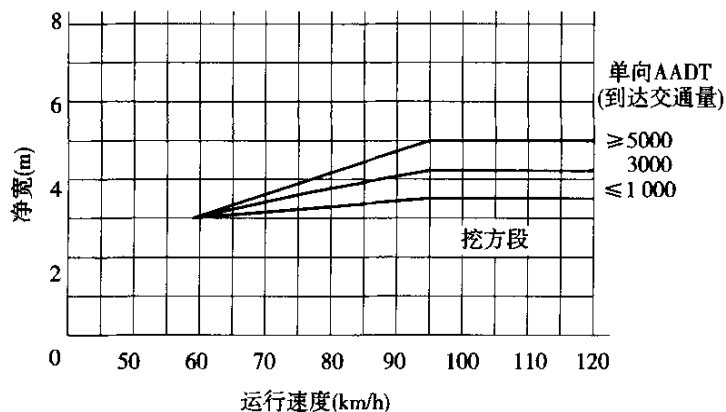


图 C.0.1-2 挖方路基安全净宽

### C.0.2 曲线段安全净空区基本宽度

曲线外的安全净空带宽度采用直线段安全净空宽度乘以曲线系数  $F_c$  (见图 C.0.2) 求得。

### C.0.3 边坡坡率对安全净空区宽度的影响

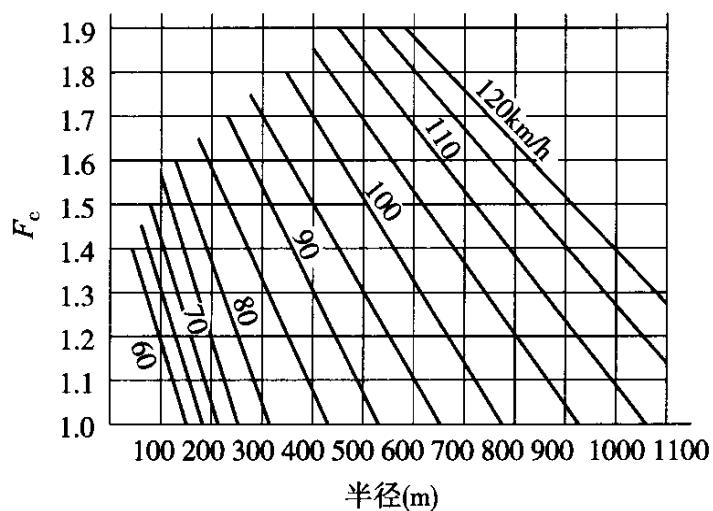


图 C.0.2 曲线段安全净空带宽度调整系数

- (1) 填方边坡坡度陡于 1:3.5 的边坡上不能行车,故不能作为有效安全净空区。
- (2) 当填方边坡在 1:3.5 和 1:5.5 之间时,驾驶人就有较多的机会控制车辆下坡,故可以利用 1/2 宽度的边坡为安全净空区。
- (3) 当边坡坡度为缓于 1:6 时,整个坡面宽度均可作为安全净空区。



附件

# 公路项目安全性评价指南

(JTG/T B05—2004)

条 文 说 明

# 1 总则

## 1.0.1 目的

公路安全性评价(Highway Safety Audit,简称 HSA)是从公路使用者行车安全的角度对公路设施的规划、研究、设计成果或现有公路路况影响行车安全的潜在因素进行评价。

20 世纪 80 年代以前,世界各国多采用警告标志、限速标志、改线等措施降低运营期间的公路交通事故率,效果虽然很好,但往往需要很长时间,造成很多人员和财产损失之后才来逐步解决。如果能在交通事故发生前或在公路设施规划、研究、设计阶段就能发现公路设施存在着影响交通安全的潜在因素并加以纠正,就能大大减少人员和财产损失。公路安全评价的概念和方法就是在这样的背景下逐步形成的。1985 年前后,英国首先开始研究并逐步推广应用公路安全评价技术,并规定从 1991 年起对所有新建高速公路和汽车专用公路进行公路安全评价。1992 年以后,澳大利亚、新西兰、马来西亚、丹麦、荷兰等国家相继开展了公路安全评价的研究和应用。美国公路安全研究起步很早,1967 年 AASHTO 就发表了“考虑公路安全的公路设计与操作实践”,1974 年修改、扩充再版;1985 年建立了公路安全信息系统,积累交通事故数据,从 1990 年开始进行公路安全评价的理论研究并取得了重要的成果;1991 年形成 AASHTO 标准《道路安全设计与操作指南》,1997 年 AASHTO 又公布了《道路安全设计与操作指南》的最新版;2003 年推出了路侧安全分析程序 Roadside Safety Analysis Program(RSAP)和交互式公路安全设计程序 Interactive Highway Safety Design Model(IHSDM),使公路安全性评价从定性评价方式过渡到了定性与定量评价相结合的方式。

## 1.0.2 适用范围

由于我国公路安全评价的研究起步较晚,研究工作以高速公路、一级公路为主,因此本指南的适用范围为新建或改扩建高速公路、一级公路,其他等级公路可参照使用。为提高行车安全性,高速公路、一级公路改扩建之前应进行安全性评价,以指导改扩建工程设计。

## 1.0.3 代表车型

高速公路、一级公路的代表车型一般情况下应为小客车,但对于车型以大货车为主的公路,对大货车控制的技术指标(如视距等)评价时,宜采用大货车车型进行评价。

## 1.0.4 评价阶段

在目前已开展公路安全性评价的国家,评价工作大都分为可行性研究、初步设计、施工图设计、试通车及运营等五个阶段。由于我国公路基本建设阶段划分及各阶段内容深

度与其他国家不尽一致,同时我国公路安全评价的研究也刚刚起步,所以暂分为可行性研究、设计和运营等三个阶段。工程可行性研究、设计阶段的评价工作宜在政府主管部门对项目正式批复前完成;运营阶段的评价工作宜在竣工验收前完成。

公路安全评价宜采用第三方独立工作的方式进行,以达到客观公正评价的目的。通常由项目法人委托并协调。

## 3 工程可行性研究阶段

### 3.1 技术标准

项目技术标准对行车安全的影响主要是从行车安全的角度评价公路等级、设计速度、路基宽度等技术指标选择的合理性。

#### 3.1.1 公路等级

在同等交通量的情况下,人口稠密地区宜选用全封闭的高速公路标准;反之,宜选用一级公路标准。

#### 3.1.2 和 3.1.3 设计速度和路基横断面宽度

设计速度的协调性包括相邻路段间设计速度协调性和同一路段设计速度与运行速度的协调性。一般情况下,在平原与山区结合部等地形变化明显路段,由于工程造价的影响,山区路段一般选择较低的设计速度,平原路段一般选择较高的设计速度,导致相邻路段设计速度差距较大,容易形成交通事故隐患。因此从行车安全方面考虑,在设计速度差距较大的相邻路段间应设置过渡段,过渡段长度和线形指标可参照第4章的运行速度协调性评价有关规定执行,路基宽度可采用线性过渡方式。

对于同一路段设计速度与运行速度的协调性,存在的主要问题是由于工程造价等条件限制而减小路基宽度和降低设计速度,但平纵面线形指标由于地形限制小而采用了较高的标准,导致绝大部分路段的运行速度超过设计速度 20km/h 以上。针对以上情况,设计速度值应尽量选择接近运行速度的标准,在工程造价受限制时,路基横断面宽度可采用标准规定的低限值。

### 3.2 技术方案

#### 3.2.1 技术指标

路线技术指标除了评价其与自然地形条件、通行能力以及项目总体功能要求的适应性外,还应评价以大、中型货车为主的交通对技术指标的要求。对于大、中型货车为主的路段,在方案比选时,路线技术指标与大、中型货车行车要求的适应性应作为重要的比选条件。

### 3.2.2 起、讫点

起、讫点及出入口行车安全性评价除了评价主线本身的行车安全性之外,还要评价主线交通量转换后对连接道路行车安全产生的影响。

### 3.2.3 施工期间的交通组织

施工期间的交通组织评价是指在可行性研究中,对改建项目的改造方案应充分考虑中断交通后原有公路交通量在施工期间分流到其他公路时对行车安全产生的影响,或不中断交通时采取的交通安全措施对行车的影响。

## 4 设计阶段

### 4.1 总体评价

设计阶段评价在国外的评价指南中一般按初步设计和施工图设计两个阶段分别编写。根据交通部部颁《公路工程基本建设项目设计文件编制办法》要求,初步设计和施工图设计文件编制内容基本相同,只是深度上有所差别,因此本指南将两阶段评价内容合并编写。在评价时,可根据设计深度的不同要求分别考虑评价的重点内容。

#### 4.1.1 设计符合性

设计符合性评价是对设计中采用标准、规范、技术指标的正确性进行检查,内容应包括所有与行车安全性相关的技术指标。对不符合现行标准、规范规定的技术指标原则上应进行纠正,但在实际中有时因工程造价或其他工程难度过大原因而出现不符合标准、规范规定的技术指标时,应进行行车安全性影响分析,在不影响行车安全性时可维持原技术指标。

#### 4.1.2 运行速度协调性

附录 B(1) 中提供的运行速度  $v_{85}$  计算方法(一)为交通部公路科学研究所《运行速度设计方法与标准》的研究成果;附录 B(2)中提供的运行速度  $v_{85}$  计算方法(二)是按本指南研究成果修正后的澳大利亚计算方法,该方法可采用手工计算,操作简便,但存在预测速度特征点偏少的缺点,二者的预测结果具有较好的符合性,具体评价时可根据实际情况选用。

关于运行速度计算特征点的选择,一般情况下应包括直线起、终点,平曲线起、终点及曲中点,竖曲线变坡点以及大桥和隧道的起、终点和互通式立交的流入、流出点等。当以上特征点距离较小时,也可适当合并(参见图 4-1 所示)。

运行速度评价标准参考美国联邦公路署(FHWA)研究成果确定,具体数据见表 4-1。

表 4-1 平曲线的事故率与设计安全水平  
(Accident Rates at Horizontal Curves by Design Safety Level)

设计安全水平 Design Safety Level	平曲线个数 Number of Horizontal Curves	3 年事故累计数 3-yr Accident Frequency	百万车公里 Exposure (million veh-km)	百万车公里事故率 Accident Rate (accident/million veh-km)
协调性好(Good) $ \Delta v_{85}  < 10\text{km/h}$	4 518	1 483	3 206.06	0.46

续上表

设计安全水平 Design Safety Level	平曲线个数 Number of Horizontal Curves	3年事故累计数 3-yr Accident Frequency	百万车公里 Exposure (million veh-km)	百万车公里事故率 Accident Rate (accident/million veh-km)
协调性较好(Fair) $10\text{km/h} <  \Delta v_{85}  \leq 20\text{km/h}$	622	217	150.46	1.44
协调性不良(Poor) $ \Delta v_{85}  > 20\text{km/h}$	147	47	17.05	2.76
合计(Combined)	5 287	1 747	3 373.57	0.52

 $\Delta v_{85}$ : 相邻路段间 85% 的运行速度差(km/h) $\Delta v_{85}$  = Difference in 85<sup>th</sup> speed between successive geometric elements (km/h)

注: 资料来源于美国联邦公路署研究报告(FHWA—RD—99—174, November 1999)。

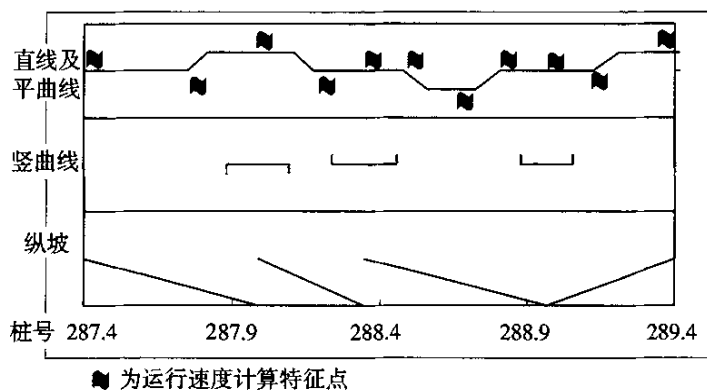


图 4-1 运行速度特征点示意图

表 4-2 和表 4-3 为我国两条山区高速公路的速度差与事故率的统计结果(缺少运行速度差大于 20km/h 的路段)。该结果与美国联邦公路署(FHWA)的研究成果具有相同的规律,因此本指南通过研究对比分析后采用了美国联邦公路署的评价标准。

表 4-2 我国北方某高速公路运行速度差与事故率统计

序号	速度差值区间	平曲线个数	平均事故率
1	$\leq 10\text{km/h}$	14 个	0.85 次/公里·年
2	10 ~ 20km/h	3 个	1.94 次/公里·年

表 4-3 我国南方某高速公路运行速度差与事故率统计

序号	速度差值区间	事故数	路段数	平均事故率
1	$\leq 10\text{km/h}$	110 起	118	194 次/亿车·公里
2	10 ~ 20km/h	18 起	10	375 次/亿车·公里

## 4.2 路线

### 4.2.1 评价范围

路线设计评价内容是在 4.1 总体设计运行速度与设计速度协调性评价的基础上进行的,要求按照设计速度采用的线形技术指标符合预测运行速度的行车安全性要求。评价的一般路段是指除独立大桥、长度大于等于 100m 的隧道、互通式立交及平面交叉等以外的路基、桥梁和隧道路段。

### 4.2.2 平面

#### 1 平曲线半径

横向力系数  $\mu$  值的大小与人的承受能力和乘车舒适感有关,根据运行速度的不同,其最大采用值见表 4-4。

表 4-4 运行速度与横向力系数关系一览表

运行速度 $v_{85}$ (km/h)	120	100	80	60
横向力系数 $\mu$	0.10	0.12	0.13	0.15

#### 2 缓和曲线

(1) 为避免相邻缓和曲线的运行速度相差过大,相邻缓和曲线参数之比不宜大于 1.5。

(2) 《公路路线设计规范》中缓和曲线最小长度是按横向加速度变化率为  $0.60\text{m/s}^3$  确定的。对于设计车速较高的公路,其横向加速度变化率宜减小为  $0.45\text{m/s}^3$ ,缓和曲线最小长度相应调整见表 4-5。

表 4-5 缓和曲线最小长度调整表

运行速度 $v_{85}$ (km/h)	120	100	80	60
缓和曲线最小长度 $L_s$ (m)	130	120	100	60

### 4.2.3 视距

高速公路和一级公路只需评价停车视距,对向双车道的二级及以下等级公路应评价会车视距和超车视距。由于本指南适用于高速公路和一级公路,因此仅对停车视距进行评价。

视距一般采用视距包络线图进行检查。根据各路段不同的运行速度要求,绘制出视距平面包络线图,然后检查视线高度以上的路堑边坡线及其他所有路侧设施等是否进入包络线范围内,对所有进入视距包络线图范围的设施均应移除。其他应检查的内容还有:

- (1) 景观设计布置的树或灌木及其长大后的视距。
- (2) 对必须设置防眩板的路段应按照运行车速计算值逐段进行视距检查。当设置防



眩板后不能满足视距要求时,应通过加宽中央分隔带增大横向净距等办法来满足视距要求。

(3)在小半径路段,应按照运行车速计算值评价中央分隔带和路侧护栏设置后对视距的影响;当不能满足视距要求时,可通过加大平曲线半径、改善纵断面设计、加宽中央分隔带或土路肩的方法来满足视距要求。

#### 4.2.4 纵断面

纵坡对小客车运行速度的影响很小。坡度小于5%时,小客车的运行速度不会有明显变化,因此纵坡安全性评价主要是对货车进行,特别是对可能出现的大量超载货车的长大、连续纵坡路段的评价等。在工程经济条件允许时,应尽量避免采用最大纵坡;在超高渐变段尽量避免采用小于0.3%的缓坡,在接近最大超高值的路段尽量避免采用陡坡。在工程经济条件允许时,一般应尽量采用较大的竖曲线半径;竖曲线采用极限最小半径时应根据运行车速计算值对视距进行检查,不能满足时应加大竖曲线半径或采取其他速度控制措施。

在设计方案比选时应尽量避免采用长下坡方案。对于不能避免的长下坡路段,宜按4km以内的间距设置缓坡路段,用于布置停车、加水区等服务设施,已达到降低货车刹车鼓温度、提高刹车性能,降低事故发生率的目的。

#### 4.2.5 横断面

##### 2 爬坡车道

当爬坡路段坡顶运行速度低于设计速度20km/h时,应设置爬坡车道。特别是在预测重载货车比例较高的路段,评价设置爬坡车道的必要性时宜将通行能力要求提高一级进行考虑。

爬坡车道一般情况下应采用通过加宽硬路肩的方式进行设置。当横断面加宽受地形或造价限制时,可以采取适当调整双向路幅横断面布置的方式来达到设置爬坡车道的功能要求,但对变窄一侧的横断面应评价视距是否满足安全行车要求,并检查标志、标线等交通安全设施是否能满足正确引导行车的要求。

##### 3 紧急停车带

美国AASHTO的《道路安全设计与操作指南》要求,当右侧硬路肩宽度在连续1.5km以上的长度范围小于2.5m时,应设置紧急停车带。

##### 4 紧急避险车道

北京八达岭、广东京珠北等高速公路设置的紧急避险车道使用效果表明,在长、陡下坡路段设置的紧急避险车道可以有效降低或消除刹车失灵等失控车辆(特别是重载汽车)的事故危害程度。由于紧急避险车道设置的条件灵活而简单,造价增加不多,因此应根据地形、纵坡及其长度、运行车速及环境等因素,综合评价设置紧急避险车道的必要性。紧急避险车道的设置应注意以下事项:

(1)紧急避险车道的线形应采用直线。

(2)避险车道路面材料全路段应采用等粒径材料(砂或石均可)路面,路侧和车道末端的砂堆采用袋装砂或用废轮胎堆放,并在路面下设置排水盲沟和土工织物等排水设施,以使砂床保持干燥,以保证消能效果。

(3)在避险车道右侧应设置专用的救援车道,以提高故障车撤离速度,避免二次甚至三次事故的发生。

(4)路侧应采用加强型护栏。

#### 4.2.7 超高

超高设计评价应按照运行车速计算值,结合项目所在地的水文、气候等自然条件,对超高横坡度值的采用、超高渐变过渡段的位置及过渡方式的选择、其他不良平纵线形条件对超高产生的负面影响等进行行车安全性评价。

##### 1)一般超高横坡度

平曲线超高横坡度的采用应根据项目所在地的气候条件、养护水平和运行车速进行综合评价。

在大部分北方积雪冰冻地区,积雪冰冻日在全年中所占比例很小,而且高等级公路一般配备有先进的除雪设备,因此真正的积雪冰冻日更少,为避免正常行驶的车辆在大部分正常天气下因超高不足而导致高事故率,北方一般冰冻区宜采用《公路路线设计规范》中“一般地区”的超高横坡度标准,其他积雪时间长且较严重的地区可采用“积雪冰冻地区”的超高横坡度标准。为降低严重积雪冰冻区公路在非冰冻日的交通事故率,应在工程条件允许的前提下,尽量加大平曲线半径,并避免设置小半径曲线。

##### 2)最大超高横坡度

《公路路线设计规范》规定高速公路和一级公路的超高横坡度值不应大于10%。在超高较大的路段上,当货车的运行速度小于曲线的设计车速时,将受到向心加速度的作用,当超高为10%时,上述作用足以使货物发生位移并导致翻车;在不利的侧向风发生时,也会影响车辆稳定性。因此从保证行车安全的角度考虑,高速公路和一级公路采用的最大超高横坡度值不宜超过8%,在积雪冰冻地区,最大超高横坡度值不宜大于6%。

当小半径平曲线要求设置超过8%(积雪冰冻区6%)的超高时,可采取如下措施:

(1)增大平曲线半径,满足设置8%(积雪冰冻区6%)以下超高横坡度的要求;

(2)设置限速标志,并辅以其他强制减速手段,使超高值符合运行速度要求。

##### 3)纵坡路段上的超高影响

下坡路段与平曲线组合在一起时,拖挂车等大型车辆的行驶稳定性将受到不利影响。当半拖挂车在下坡路段实施制动时,货物位移作用使得由车辆后轴支撑的侧向力减小,当车辆的运行速度接近曲线的最大安全速度时,后轮可能偏离轨迹,导致车辆翻转。为了抵消下坡路段与平曲线组合在一起对拖挂车稳定性造成的不利影响,位于大坡度的下坡路段的平曲线超高横坡度宜适当提高。

##### 4)超高渐变段

超高渐变段评价主要应检查缓和曲线长度是否小于设置超高渐变段所需长度及超高

渐变段起点(终点)的曲线半径是否大于不设超高的最小半径等。

在较长的缓和曲线上,为避免超高渐变率过小(不小于 1/330),或为方便施工将超高渐变段避开桥梁构造物路段,而将超高渐变段设在缓和曲线的某一区段之内,对此应检查超高渐变段起点(终点)的曲线半径是否满足不设超高的最小半径要求。

为方便施工,高速公路和一级公路的硬路肩一般采用与行车道相同的路面结构和横坡度,硬路肩的超高渐变率与行车道相同,因此超高旋转宽度应包括硬路肩全宽,超高渐变段长度应根据超高旋转宽度增加而相应加长。

#### 5) 超高渐变产生的平坡区段

当路线纵坡为平坡或接近平坡时,超高渐变段就可能形成平坡路段,从而导致排水不畅,影响行车安全。因此对纵断面平坡或接近平坡的路段进行超高渐变评价时,应检查设计是否采取了以下措施消除或缓解平坡段的排水问题:

(1) 局部调整纵坡,使横坡为零的路段保持适当的纵坡;

(2) 对于 S 形曲线,在横坡接近零的路段采用较大的超高渐变率,尽量缩短可能的平坡段长度;

(3) 增设一道或多道路拱线,以减小水流长度及汇水面积,从而达到降低路面积水深度的要求。

### 4.2.8 平纵面线形组合

由于《公路路线设计规范》中对平纵组合设计没有明确的定量标准,运行速度协调性可作为对平纵组合设计的定量评价。定性方面的评价可按以下原则进行检查:

(1) 在凸形竖曲线的顶部和凹形竖曲线底部,不得插入小半径平曲线,该处的竖曲线半径与平曲线半径的比值不宜小于 20,并不得与反向平曲线的拐点重合。

(2) 当竖曲线半径与平曲线半径的比值小于 20 时,应按照驾驶人的视线高度作透视图检查,结合运行速度和视距要求,确保视距范围内不出现暗凹,也应避免在前方更远视线上出现暗凹。

(3) 直线段内不能插入长度短、半径小的竖曲线。

(4) 小半径竖曲线不宜与缓和曲线相互重叠。

(5) 应避免在长直线上设置陡坡。

(6) 对路线透视图逐段进行检查,要求行车视线范围内地形与平面线形迹象清晰连续,确保路面和路侧状况不至形成暗凹等模糊不清或误导信息。

## 4.3 路基路面

### 4.3.1 路侧安全净空区

路侧安全净空区是与行车道毗邻的区域,其内应禁止对失控车辆有潜在危险的障碍物存在(如树木、立柱、涵洞端墙和陡坡等)。当安全区宽度范围存在障碍隐患时,可采用下列方法:

(1)排除障碍,如将涵洞洞口建成可越式。

(2)将障碍至少排除在净空区外。

(3)控制障碍,降低障碍的危害程度,如可利用解体消能式灯杆、易断的标志杆等。

(4)在危险区域内安装冲击衰减或再导向设备,如安全护栏和防撞垫等。

为减少占地,我国现有设计标准中填方路堤边坡坡率一般为 1:1.5,挖方路堑碎落台宽度一般不大于 2m,按照附录 C 计算出的路侧安全净空区宽度一般均超出土路肩范围。由于陡于 1:3.5 的填、挖方边坡不能作为有效安全净空范围,因此从保证行车安全的角度出发,在经济条件允许时,高速公路的挖方路段宜设置防撞护栏。

对于我国现有的一级公路,按照附录 C 计算出的路侧安全净空区宽度,要求在一般路段也需要设置防撞护栏,但工程造价将大大增加。为提高一级公路的路侧安全性,一级公路应尽量减少路侧障碍物,在存在严重障碍物隐患的路段,应设置防撞护栏。

### 4.3.3 排水设施

#### 1 排水沟

为减少公路用地,我国现有高等级公路普遍采用梯形或矩形排水沟,并用浆砌片石进行铺砌,具有整齐美观并便于养护清理的优点,但该形式的排水沟对于进入车辆将陷住而不能安全撤离,部分边沟虽设置了盖板,但由于车辆超载而不能承受也大量被压碎,因此排水沟作为事故隐患已越来越明显,宜通过对碎落台、护坡道与排水沟形式综合进行考虑后,尽量采用可越式(三角形、浅碟形等)排水沟。

#### 2 路缘石和泄水槽

路缘石是指位于路基边缘用硬材料铺筑的界石。当路缘石用于分隔行车区域和其他交通方式运行区域时,或者分隔其他用途的区域时,应结合横断面设计和路侧安全,综合考虑驶出路外事故自身和二次事故的风险。

路缘石有三种基本形式,分别为可越式路缘石、半可越式路缘石和栏式路缘石。其各自的使用范围为:

(1)可越式路缘石适用于匝道曲线外侧、明岛的近端点。

(2)半可越式路缘石适用于交叉口的轮廓线和排水设施、所有公路、位于在桥梁栏杆前偏移的桥梁路线。

(3)栏式路缘石适用于护栏后的排水设施,限速 60km/h 或更小的村镇道路上车辆与行人的隔离。栏式路缘石不宜设在设计车速大于 60km/h 的公路上,这种路缘石更容易绊倒和撞翻失控的车辆。在高速公路的护栏下不建议使用这类路缘石,因为护栏在冲击力的作用下扭曲变形,会与栏式路缘石一起形成一个斜面,将失控车辆弹射出去。

## 4.4 桥梁

### 4.4.1 评价范围

本节按独立大桥评价内容进行编写。一般线路上的桥梁其桥头引线应随路线一起进行评价,其余评价内容与独立大桥相同。

#### 4.4.2 桥梁引线

桥头护栏衔接主要应考虑不同护栏形式(波形梁与混凝土等)和位置之间的平顺过渡,避免出现路、桥护栏各自设置或单独的护栏端头等现象。

#### 4.4.3 桥梁断面

##### 2 防撞护栏

在特大事故的统计中,大客车从高架桥上冲到沟谷或河滩地的占有较大的比例,主要原因是防撞护栏高度偏低,不能适应大客车和大货车等大型车辆的要求,因此对于深沟壑谷等高架桥路段,建议根据交通组成特点,对桥梁防撞护栏的形式、高度、强度等综合进行比较后确定其选择方案。

##### 3 桥面铺装

在南方部分地区,一般路面不易结冰,但桥下由于风吹影响,导致桥面温度比一般路面温度偏低,容易在桥面形成薄冰,使桥梁引线路面与桥面铺装抗滑能力形成差异,驾驶人员不易引起注意,导致桥面路段事故多发。因此应根据气象条件,提高桥面铺装的抗滑能力或注意改善桥梁引线路面与桥面铺装抗滑能力的协调性。

#### 4.4.4 桥面侧风影响评价

桥面侧风对行车安全有一定的影响,条件允许时,可采取安全措施。当风速大于9级时应对桥面交通进行管制。

### 4.5 隧道

#### 4.5.1 隧道洞口接线段

隧道路段的实际运行速度与一般路段有一定差别,据了解,现在还没有成熟的隧道段运行速度预测模型,因此本指南暂按无隧道状态下的运行速度对洞口接线段进行评价,隧道洞内范围按设计速度进行评价。

#### 4.5.4 路面及排水设施

为提高隧道内的亮度,隧道内一般采用水泥混凝土路面。与沥青混凝土路面相比,水泥混凝土路面的抗滑能力衰减速度快,导致隧道入口路段经常因路面湿滑而造成事故。西南地区某高速公路隧道采用水泥混凝土路面,在通车的前几年,隧道入口段事故频发,改用沥青混凝土路面提高抗滑能力后事故明显减少。因此,对隧道入口段,在满足照明要求的前提下,建议在隧道洞口接线以内3s行程范围提高路面抗滑标准或采用与隧道洞口接线以外3s行程范围相同的路面类型。

隧道内较多事故形态表现为车轮陷在排水沟中,导致事故影响程度加大。主要原因是隧道内横断面上无土路肩位置,在排水沟与行车道之间未设置护栏,而且在昏暗的光线下,驾驶人员很难把行车道和边沟区分开。由于隧道内路面汇水量较小,可以通过集水井汇集,因此建议排水沟尽量采用暗沟,通过集水井汇集行车道路面积水,避免或减少开口型盖板因不能满足超载重车荷载要求而被压断造成车轮沉陷而导致事故程度加重的情况。

## 4.6 路线交叉

### 4.6.1 平面交叉

平面交叉的形式根据公路等级的不同而存在较大差异。本指南主要针对一级公路上的典型平面交叉形式进行规定,对环形平交和信号控制等一级公路一般不采用的平交口形式未做评价。

对于一级公路上任何地点设置的开口均应视作一处平面交叉口,对其位置、可识别性、间距、视距三角区、转弯车道等进行安全评价,评价方法和标准与平面交叉相同。

### 4.6.2 互通式立体交叉

互通式立交的位置、间距和形式相互影响。在实际中,由于受地形和技术指标的限制,互通式立交之间以及互通式立交与服务区等设施之间的中心距离不能满足规范规定的最小值要求时,应根据互通式立交形式对相邻互通的出口(EX-EX)以及入口与出口(EN-EX)的距离进行检查,确保有条件设置标志牌(包括预报信息等)时方可采用,否则应采取其他安全措施或合并为复合型互通式立交。

评价互通式立交形式时,在其布局一致性方面应注意以下两点:

- (1)除枢纽型互通主线分岔可能采用左侧出入外,互通式立交应全部采用右侧出、入口。
- (2)所有互通式立交的引道上采用单出口,增加出口时应从辅助车道引出。
- (3)出口应避免设置在构造物上。

高速公路直行车道数减少时,位置一般宜选在出口匝道后方的右侧,并要求自车道减少起点处提供相应的停车视距,并把该视距一直保持到车道减少终点,因此凹形竖曲线是进行车道减少的有利位置,凸形竖曲线则要求设计得非常平缓。

当车道减少位于互通式立交之间时,应将其设在距加速渐变段下行方向 450~900m 处,以使标志设置留有余地。

当车道数减少设在出口匝道之后时,其渐变段位置取决于车道减少标志的位置和形式。如果门架式标志设在分流点处,则车道减少可从鼻端下行方向 50m 处开始;如果分流点处无门架式标志,则车道减少可从鼻端下行方向 150m 处开始。

## 4.7 交通工程及沿线设施

### 4.7.1 标志

#### 1 标志设置

标志设置必要性检查应重点检查限速、陡坡急弯路段、恶劣气候环境(多雾、侧风、积雪冰冻等)、不良地质路段等警告或提示标志是否遗漏。

标志信息内容变化的一致性是指里程、地名、方向等预告标志的一致性。

#### 2 标志尺寸和字高

根据标志的功能类型,标志尺寸可按运行速度计算值参照表 4-6,表 4-7,表 4-8 进行评价。

表 4-6 警告标志尺寸与评价运行速度的关系

运行速度(km/h)	> 100	90 ~ 70	60 ~ 40	< 30
三角形边长(cm)	130	110	90	70
黑边宽度(cm)	9	7	6	5
黑边圆角半径(cm)	6	5	4	3

表 4-7 禁令标志尺寸与评价运行速度的关系

运行速度(km/h)		> 100	90 ~ 70	60 ~ 40	< 30
圆形标志	圆形外径(cm)	120	100	80	60
	红边宽度(cm)	12	10	8	6
	红杠宽度(cm)	9	7.5	6	4.5
三角形标志	三角形边长(cm)	—	—	90	70
	红边宽度(cm)	—	—	9	7

表 4-8 指示标志尺寸与评价运行速度的关系

运行速度(km/h)	> 100	90 ~ 70	60 ~ 40	< 30
圆形直径(cm)	120	100	80	60
正方形边长(cm)	120	100	80	60
长方形边长(cm)	190 × 140	160 × 120	140 × 100	—
单行线标志(长方形)(cm)	120 × 160	100 × 50	80 × 40	60 × 30
会车先行标志(正方形)(cm)	—	—	80	60

标志版面上的字高可按运行速度计算值参照表 4-9 进行评价。

表 4-9 汉字最小高度与评价运行速度的关系

运行速度(km/h)	汉字高度(cm)	运行速度(km/h)	汉字高度(cm)
≥ 120	60	60 ~ 80	30
100 ~ 120	50	40 ~ 60	20
80 ~ 100	40	< 30	10

#### 4.7.3 护栏

路侧护栏主要依据路侧安全净空区内障碍物隐患情况设置,并注重其端头与桥梁、隧道等不同形式护栏的衔接。根据对已评价项目的统计分析结果,评价主要考虑的内容为:

- (1)填方段路基高度与护栏形式的适应性。
- (2)挖方段边沟形式、碎落台宽度及防护形式。
- (3)桥头护栏衔接。
- (4)隧道洞口护栏的过渡和衔接以及隧道内紧急停车带等洞身尺寸变化段。
- (5)护栏端头处理方式。

#### 4.7.5 收费站位置

收费站的位置往往受地形控制,特别是对收费的独立大桥,为缩短桥长,一般桥头均采用较大纵坡,紧接收费站,虽然收费广场纵坡符合规范要求,但运行速度受前后纵坡影响较大,导致冲岛事故频发,因此对收费站位置的选择,不仅要考虑收费站广场的纵坡,还要考虑其前后路段纵坡对货车运行速度的影响。



## 5 运营阶段

### 5.1 公路状况评价

#### 5.1.1 设计符合性

对已按本指南进行设计阶段安全性评价的公路项目,运营期间的安全性评价应注重评价施工过程中变更设计、施工等造成的事故隐患。对设计阶段未进行安全性评价的公路项目,应注重评价运营公路技术指标的符合性,并进行速度协调性评价。

通过设计符合性检查,将不满足设计符合性的路段作为下一步安全性评价的重点路段。

##### 1 现场调查内容

本指南提供的现场调查内容清单仅为主要内容。实际调查时应根据项目实际情况,参照第4章内容酌情增减。

#### 5.1.2 运行速度协调性

运行速度实测时可根据观测设备情况,选用录像法(图像处理,即根据选定的公路断面采用录像后进行图像处理的方法进行),GPS测速法以及红外、超声检测仪,地磁式检测仪等方法进行。

### 5.2 事故调查

从目前交通事故统计资料分析,交通事故主要是由超速、超载引起的。因此调查应注重事故路段的技术指标、事故车辆的速度及实载情况等。

### 5.3 事故分析

交通事故分析的重点是事故的时间分布,空间分布,气候特征,事故严重程度,事故形态与公路路况、设施之间的关系分析,以利提出解决措施。