

团 体 标 准

T/JSCTS XX—20XX

普通国省道运营期安全风险辨识评估与 管控规范

第 2 部分：桥隧

Specifications for Safety Risk Identification, Assessment and Control during
the Operation Period of Ordinary National and Provincial Roads

Part 2: Bridges and tunnels

（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。

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

江苏省综合交通运输学会 发布

目 次

目 次 I

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 基本要求 1

5 风险辨识 2

6 风险评估 4

7 风险管控 35

附 录 A （资料性） 管控措施 37

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。

本文件是 T/JSCTS XX——20XX《普通国省道运营期安全风险辨识评估与管控规范》的第2部分，T/JSCTS XX——20XX 分为以下两个部分：

——第1部分：公路；

——第2部分：桥隧。

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。

本文件由江苏省交通运输厅公路事业发展中心提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

T/JSCTS XX——20XX《普通国省道运营期安全风险辨识评估与管控规范》为江苏省普通国省道运营领域的风险评估与管控提供依据，拟由两个部分构成。

- 第1部分：公路。目的在于提出江苏省普通国省道中公路部分风险辨识评估与管控要求的依据。
- 第2部分：桥隧。目的在于提出江苏省普通国省道中桥隧部分风险辨识评估与管控要求的依据。

普通国省道运营期安全风险辨识评估与管控规范

第 2 部分：桥隧

1 范围

本文件规定了普通国省道桥隧运营期的风险评估与管控的基本要求、风险辨识、风险评估、风险管控等相关要求。

本文件适用于江苏省普通国省道桥梁与隧道。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规程。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 24353 风险管理 原则与实施指南
GB/T 23694 风险管理 术语
GB/T 27921 风险管理 风险评估技术
ISO 3100-2009 风险管理标准
JTG H11 公路桥涵养护规范
JTG/T H21 公路桥梁技术状况评定标准
JTG D81 公路交通安全设施设计规范
JTG/T D81 公路交通安全设施设计细则
JTG/T 3360-02 公路桥梁抗撞设计规范
JTG/T 2231-01 公路桥梁抗震设计规范
JTG/T 3360-01 公路桥梁抗风设计规范
JTG H12-2015 公路隧道养护技术规范
JTG T D70-2010 公路隧道设计细则
JTG 3370.1-2018 公路隧道设计规范第一册 土建工程

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 基本要求

- 4.1 普通国省道桥隧开展运营安全风险评估时，应逐桥、逐隧开展风险评估。
- 4.2 普通国省道桥隧运营期安全风险排查分为经常性排查、定期排查，由桥隧管理部门负责组织实施。经常性排查评估可结合公路养护经常性检查同步开展，定期排查评估可由具有相应专业资质的机构开展。
- 4.3 经常性排查主要对“总体安全风险评估”中各单项二级指标进行排查评估。经常性排查中发现有明显的安全隐患时，应立即安排一次定期排查。定期性排查分“总体安全风险评估”和“专项安全风险评估”。
- 4.4 普通国省道桥隧应在运营通车前进行首次安全风险评估。普通国省道特大桥、大桥、长隧道、特长隧道定期排查评估周期不得超过 2 年；中、小桥、中、短隧道定期排查评估周期不得超过 3 年；上阶段定期排查评定为四、五级隧道定期排查评估周期宜 1 年。
- 4.5 江苏省普通国省道桥隧运营期安全风险评估工作流程如图所示。

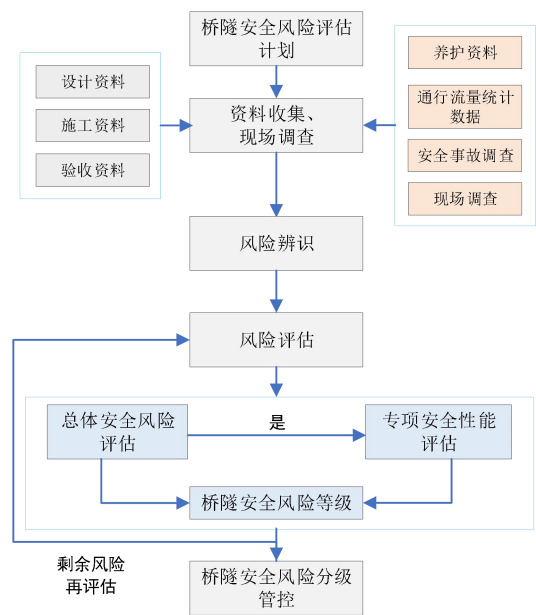


图 1 普通国省道运营期桥隧安全风险评估工作流程

5 风险辨识

5.1 一般规定

5.1.1 为顺利完成桥隧安全风险评估，应收集与调查运营期公路桥隧的基础信息资料、通行事故数据统计资料、通行运行条件资料、运营养护管理资料等。鼓励采用快速化、自动化、智能化水平较高的新装备进行数据采集。

5.1.2 在前期准备过程中，评估单位应与运营管理等相关单位进行沟通与咨询。

5.2 风险辨识体系

5.2.1 桥梁风险体系及评估指标参见表 1 的规定。

表 1 桥梁风险辨识体系

序号	一级指标	二级指标
1	正常服役	表观
2		承载能力
3	交通安全	护栏设施
4		交通条件
5		其他安全设施
6	偶然因素	车辆撞击
7		船舶撞击
8		超载超限
9		火灾
10	通行环境	桥域环境
11		水文
12		地震
13		风
14		冰雪

序号	一级指标	二级指标
15	管理因素	养护管理
16		交通管理
17		应急管理

5.2.2 隧道风险体系及评估指标参见表 2 的规定。

表 2 隧道风险辨识体系

序号	一级指标	二级指标
1	土建结构	洞口
2		洞门
3		衬砌
4		检修道
5		吊顶及预埋件
6		排水设施
7		内装饰
8	交通特性	交通绩效
9		车道交通量
10		大型车比例
11		危险货物运输车辆通行
12		近三年事故率
13		运行车速
14	通行环境	隧道技术条件
15		隧道周边环境
16		气象条件
17		地质条件
18		路面条件
19		通风环境
20		环境亮度
21	运营保障	结构安全保障
22		供电保障
23		通讯保障
24		消防与救援保障
25		交通监控保障
26		交通安全设施
27	运营管理	应急管理
28		交通管理
29		养护管理

5.3 风险辨识资料

5.3.1 桥梁风险辨识资料应满足下列要求：

- 正常服役风险辨识资料包括：桥梁历次加固和改造设计图、定期检查及特殊检查报告等资料。
- 交通安全风险辨识资料包括：护栏设施、气象、附属设施等资料。
- 偶然因素风险辨识资料包括：桥梁穿跨越、防船舶碰撞、超载超限、消防设施等资料。

- d) 通行环境风险辨识资料包括：桥梁保护区、水文、地震、气候等资料。
- e) 管理因素风险辨识资料包括：桥梁养护管理、交通管理以及应急管理等资料。

5.3.2 隧道风险辨识资料应满足下列要求：

- a) 土建结构风险辨识资料包括：：隧道历年维修加固设计资料、交竣工验收资料、定期检查及特殊检查报告等资料。
- b) 交通特性风险辨识资料包括：隧道交通量数据、危险货物运输通行、交通事故等资料
- c) 通行环境风险辨识资料包括：隧道周边环境、气象、地质条件、环境亮度等资料。
- d) 运营保障风险辨识资料包括：隧道机电设施、维修记录以及健康监测等资料。
- e) 运营管理风险辨识资料包括：隧道养护管理、交通管理以及应急管理等资料。

6 风险评估

6.1 桥梁总体安全风险评估

6.1.1 一般要求

- 6.1.1.1 普通国省道桥梁运营期安全风险评估采用“多域源递进评估方法”，分“总体安全风险评估、专项安全性能评估”两阶段递进评估。
- 6.1.1.2 总体安全风险评估应从正常服役、交通安全、偶然因素、通行环境、管理因素五个方面考虑。
- 6.1.1.3 当单个桥梁存在不同形式，且运行环境差异较大时，可根据结构形式的分布情况划分，分别进行桥梁安全风险评估。
- 6.1.1.4 江苏省普通国省道桥梁运营期安全风险评估指标如图 2 所示，评估包含二级指标、一级指标和目标层评估。

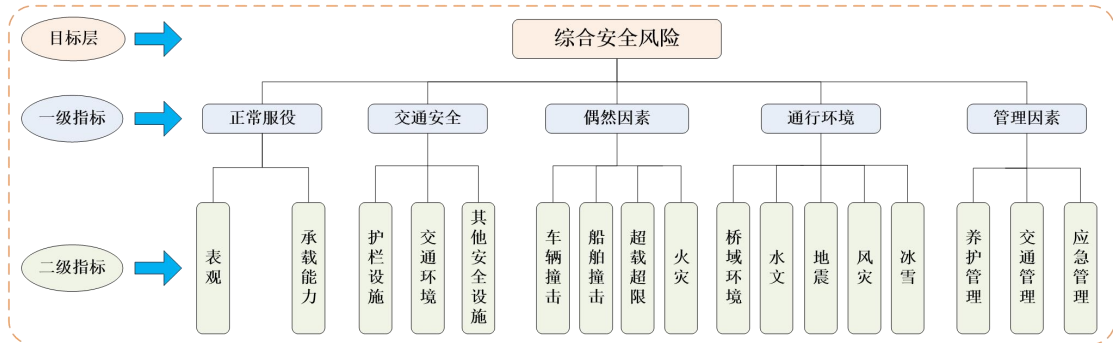


图 2 江苏省普通国省道桥梁运营期安全风险评估指标层次模型

- 6.1.1.5 总体安全风险评估以引起不安全宏观因素的可能性和损失大小进行综合评估。评估主要采用分层综合评估的方法，先对二级指标进行评估，再对一级指标进行评估，最后进行目标层评估。
- 6.1.1.6 江苏省普通国省道桥梁运营期安全风险各指标评估如下：
 - 1 各指标评估标度均为“1~5”，标度越大表示风险可能性越高，标度“1”表示风险可能性最低，标度“5”表示风险可能性最高。

表 3 二级指标安全风险状况标度等级

二级指标标度	安全风险描述
1	风险可能性低
2	风险可能性比较低
3	风险可能性一般
4	风险可能性比较高

二级指标标度	安全风险描述
5	风险可能性高

2 一级指标的风险指数由二级指标评估后所得标度经加权后得到，目标层“综合安全风险”的评估指数由一级指标安全风险指数经加权得到，将目标层“综合安全风险”所得指数经线性转化为评估百分制得分。转化方法为：百分制分数 = $100 \times \frac{5 - \text{所得标度}}{4}$ 。得根据所得分数确定桥梁运营期综合安全风险评估等级。

6.1.1.7 江苏省普通国省道桥梁运营期安全风险评估指标权重如表 4 所示。当桥梁某些二级指标不需要判断时，应根据此二级指标在上层一级指标的隶属关系，将其权重值分配给该指标隶属的一级指标所含的其余各二级指标，分配原则按照各剩余二级指标权重比例进行分配。

表 4 江苏省普通国省道桥梁运营期安全风险评估指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重
正常服役	0.35	表观	/
		承载能力	/
交通安全	0.14	护栏设施	0.346
		交通条件	0.367
		其他安全设施	0.286
偶然因素	0.23	车辆撞击	0.228
		船舶撞击	0.300
		超载超限	0.349
		火灾	0.112
通行环境	0.13	桥域环境	0.165
		水文	0.178
		地震	0.337
		风	0.160
		冰雪	0.160
管理因素	0.15	养护管理	0.431
		交通管理	0.264
		应急管理	0.305

6.1.1.8 桥梁运营期综合安全评估风险等级分为一~五级。综合安全风险评估等级划分如表 5 所示。

表 5 桥梁运营期综合安全风险评估等级划分

风险等级	风险等级描述及应对原则	分值区间
一级	基本不会发生安全事故，或事故影响轻微且可忽略，不需采取额外应对措施，正常养护即可。	[90, 100]
二级	发生事故概率较小，事故影响较轻，需要注意风险监测，可不采取应对措施。	[80, 90)
三级	可能发生交通事故，会造成一定程度的后果，应加强风险监测，有条件时考虑采取针对性措施消除安全隐患。	[70, 80)
四级	发生事故概率大，事故后果严重，应进行交通管制，尽快采取应对措施进行安全提升。	[60, 70)
五级	发生事故概率很大，事故后果非常严重，应及时封闭交通，必须采取应对措施进行安全提升。	[0, 60)

6.1.2 正常服役

正常服役风险评估是指桥梁结构安全的评估，包括表观、承载能力。总体安全风险评估中仅评价“表

观”指标，表现标度评定为 4、5 时，按照单项指标控制原则直接进入专项安全性能评价，进行结构承载能力验算。

1 评估内容和方法

表现的评估应采用《公路桥涵养护规范》(JTG H11-2004)和《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)的评估方法，两者均将桥梁的技术状况分为五类，分别对应正常服役风险标度“1-5”。

2 正常服役风险标度划分

表 6 正常服役风险标度划分

技术状况等级	1 类	2 类	3 类	4 类	5 类
标度	1	2	3	4	5

“正常服役”二级指标采用最不利标度，同时考虑桥梁已使用年限（剩余寿命）的影响，按照桥梁使用年限划分四个等级，即[0, 10), [10, 20), [20, 30), [30, ∞)，对不同使用年限的标度分别乘以相应影响系数（1.0, 1.1, 1.2, 1.3），对影响系数修正后的标度进行四舍五入取整。

6.1.3 交通安全

交通安全包括护栏设施、交通条件、其他安全设施三个二级指标，评估流程为先分别确定二级指标评定标度，三个评定标度与权重乘积相加得到一级指标交通安全风险指数。

6.1.3.1 护栏设施

1 评估指标

护栏设施的评估指标有：交通事故严重程度、大型车比例、标准符合性。

2 评估内容和方法

(1) 交通事故严重程度评估

根据资料收集与现场调查阶段获取的近三年内与碰撞桥梁防护设施（含过渡段和端部）相关的交通事故数据统计资料，剔除无证驾驶、酒驾、毒驾、超速、超载等明显与公路技术状况无关的事故数据后，具有下列情形之一时，作为交通事故严重程度较高的判别条件：

- ① 近三年内发生 3 起及以上，或 1 起死亡 3 人及以上的车撞护栏事故；
- ② 近三年内发生 3 起及以上，或 1 起死亡 3 人及以上车辆穿越中央分隔带护栏或隔离设施的事故。

(2) 大型车比例较高评估

具有下列情形之一时，作为大型车比例较高的判别条件：

- ① 高速公路、一级公路年平均日交通量（AADT）大于或等于 15000 辆小客车，且总质量大于或等于 25t 的车辆自然数所占比例大于 20%；
- ② 二级公路年平均日交通量（AADT）大于或等于 5000 辆小客车，且总质量大于或等于 25t 的车辆自然数所占比例大于 20%；
- ③ 三级公路年平均日交通量（AADT）大于或等于 2000 辆小客车，且总质量超过 10t 的车辆自然数所占比例大于 15%；
- ④ 四级公路年平均日交通量（AADT）大于或等于 400 辆小客车，且总质量超过 6t 的车辆自然数所占比例大于 15%。

(3) 标准符合性评估

标准符合性排查评估包括是否设置护栏，以及护栏（含过渡段和端部）的防护等级和结构形式是否符合标准规定。

3 护栏设施风险标度划分

- 1) 对于未设置防撞护栏或护栏无防撞能力者，评估等级标度为“5”。
- 2) 对于设置护栏的，护栏设施的风险标度划分如表 7 所示。

表 7 护栏设施风险标度划分

交通事故严重程度是否较高	大型车比例是否较高	护栏是否符合下列标准		标度
		现行标准	建设时期设计标准	
是	/	/		5
否	是	否	否	4
			是	3
		是	/	2
	否	否	否	3
			是	2
		是	/	1

6.1.3.2 交通条件

1 评估指标

交通条件的评价指标包括：桥面状况、年不良天气数、大型车比例、超速大小。

2 评估内容和方法

(1) 桥面状况评估

依据《公路桥梁技术状况评定标准》中桥面系技术状况指数 BDCI 的评估方法，用 BDCI 标准桥面状况评定等级，如表 8 所示。

表 8 桥面状况评估标准表

BDCI (分)	[95, 100]	[80, 95)	[60~80)	[40, 60)	[0, , 40)
分值	1	2	3	4	5

(2) 年不良天气数评估

不良天气是指雨、雪、雾等天气。根据桥梁所在城市、地区的气象资料统计最近一整年不良天气数，评估标准如表 9 所示。

表 9 年不良天气数评估标准

年不良天气数 (天)	[0, 30)	[30, 50)	[50, 70)	[70, 90)	≥90
分值	1	2	3	4	5

(3) 大型车比例评估

大型车比例的判别方法与“6.1.3.1”节相同，大型车比例评估标准如表 10 所示。

表 10 大型车比例评估标准

大型车比例 (%)	[0, 5)	[5, 10)	[10, 20)	[20, 30)	≥30
分值	1	2	3	4	5

(4) 超速大小评估

根据实测车辆速度记录，分别计算高峰和非高峰期 1 小时内超速车辆的车速超过限速的平均比例，并取两者最大超速比例。超速大小分级标准如表 11 所示。

表 11 超速大小评估标准

超速比例	[0, 10%)	[10%, 30%)	[30%, 50%)	[50%, 70%)	≥70%
分值	1	2	3	4	5

3 交通条件风险标度划分

桥面状况、年不良天气数、大型车比例、超速大小的权重为 0.35:0.15: 0.25:0.25。将评估所得的各因素标度加权后累加求和得到交通条件的评估标度。交通条件评估风险标度划分如表 12 所示。

表 12 交通条件风险标度划分

加权后评估分值	[1.0, 1.5)	[1.5, 2.5)	[2.5, 3.5)	[3.5, 4.5)	[4.5, 5]
标度	1	2	3	4	5

6.1.3.3 其他安全设施

1 评估指标

其他安全设施评估指标包括交通标志、交通标线、隔离设施、防眩设施、防抛网。

2 评估内容和方法

交通标志、交通标线、视线诱导设施、防眩设施、防抛网的评估内容和等级划分如表所示，根据 I 类指标的个数判别其他交通安全设施的评估等级。

表 13 其他安全设施评估指标内容

评估指标	I 类	II 类
交通标志	设置，符合《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81—2017）相关要求，且使用状况良好	符合下列之一：①未设置；②新旧标志并存互相干扰；③标志模糊不清或者缺损。
交通标线	设置，符合《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81—2017）相关要求，且使用状况良好	符合下列之一：①未设置；②新旧标线并存互相干扰；③标线模糊不清或者缺损；④与交通标志发生冲突。⑤桥梁标线为虚线
视线诱导设施	设置，符合《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81—2017）相关要求，且使用状况良好	符合下列之一：①未设置；②视线诱导设施损坏。
防眩设施	非近村镇路段，设置，符合《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81—2017）相关要求，且使用状况良好	符合下列之一：①非近村镇路段，未设置；②设置，但防眩设施损坏；③近村镇路段，但设置。
防抛网	设置，符合《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81—2017）相关要求，且使用状况良好	未按《公路交通安全设施设计规范》（JTGD81—2017）相关要求进行设置。

交通标志主要指桥梁是否设置限载标志、桥梁信息公示牌等情况。

3 其他安全设施风险标度划分

评估时首先判断交通标志、交通标线、视线诱导设施、防眩设施、防抛网的评估等级（I 类或 II 类），然后根据 I 类指标的个数判别其他交通安全设施的风险标度，其他交通安全设施的评估等级划分如表所示。

表 14 其他安全设施风险标度划分

满足项数	5 个 I 类	3~4 个 I 类	2 个 I 类	1 个 I 类	无 I 类
标度	1	2	3	4	5

6.1.4 偶然因素

偶然因素包括车辆撞击、船舶撞击、超载超限和火灾四个二级指标，评估流程为先分别确定二级指标评定标度，四个评定标度与权重乘积相加得到一级指标交通安全风险指数。

6.1.4.1 车辆撞击

1 评估指标

车辆撞击评估主要针对跨线桥梁，评估分为车撞主梁评估与车撞桥墩评估两种情况。评估指标为：历史交通事故严重性、跨越道路等级、桥下净空、下穿道路大型车比例、主梁防车撞设施以及桥墩防撞构造。

2 评估内容和方法

（1）交通事故严重性评估

交通事故严重性评估方法与“6.1.3.1”相同。

（2）跨越道路等级评估

对于跨线桥，应判断跨越道路等级。

(3) 大型车比例评估

大型车比例较高的评估方法与“6.1.3.1”相同。

(4) 桥下净空评估

跨线桥的主梁易于被超高超限车辆撞击，应该测量桥下通行道路最小净高，并与规范要求净高比较判断其是否满足要求。

(5) 主梁防撞设施评估

参考《公路桥梁抗撞防撞设计指南》中具体标准判断桥梁是否设置了防护措施。桥梁上部主梁防护设施包括警示标志、警示设施和强制减速设施等。

(6) 桥墩防撞构造措施评估

桥墩防撞构造措施，包括不同防护等级桥梁的桥墩防撞护栏、标志及标线等，其具体要求参见《公路桥梁抗撞防撞设计指南》，防护设施的结构及材料要求应符合现行《公路交通安全设施设计规范》(JTGD81)及《公路工程质量检验评定标准(土建工程)》(JTG F80/1)的相关规定。

表 15 桥墩及防撞构造措施评估

桥墩形式	是否设置防撞构造措施	评估分级
实体墩、薄壁墩	是，防撞措施防撞等级符合指南要求 下穿道路边缘距离桥墩较远无碰撞可能	优
	是，防撞措施防撞等级不符合指南要求	良
	否	中
柱式墩	是，防撞措施防撞等级符合指南要求 下穿道路边缘距离桥墩较远无碰撞可能	良
	是，防撞措施防撞等级不符合指南要求	中
	否	差

3 车辆撞击风险标度划分

对于跨线桥梁，车辆撞击指标的评估综合考虑了车撞主梁评估和车撞桥墩评估两个方面，每个方面各分为五个标度，综合评估标度取两方面评估标度中的较大值。

(1) 车撞主梁评估的标度划分如下所示。

表 16 车撞主梁风险标度划分

历史交通事故严重程度 是否较高	下穿道路等级	桥下净空是否 满足	主梁防撞撞 设施是否设置	下穿道路大型车 比例是否较高	标度
是	高速公路、一级公路	/	/	/	5
	二级及以下公路	/	/	/	4
否	高速公路、一级公路	否	否	是	5
			否	否	4
			是	/	1
		是	否	是	3
			否	否	2
			是	/	1
	二级及以下公路	否	否	是	4
			否	否	3
			是	/	1
		是	否	是	2

历史交通事故严重程度是否较高	下穿道路等级	桥下净空是否满足	主梁防撞设施是否设置	下穿道路大型车比例是否较高	标度
				否	1
			是	/	1

注：可不设置防护措施的桥梁，主梁防撞设施是否设置直接填“是”。

（2）车撞桥墩评估的标度划分如表所示。

表 17 车撞桥墩风险标度划分

历史交通事故严重程度是否较高	下穿道路等级	下穿道路大型车比例是否较高	桥墩及防撞构造措施评估	标度
是	高速、一级公路	/	/	5
	二级及以下	/	/	4
否	高速、一级公路	是	差	5
			中	4
			良	3
			优	2
		否	差	4
			中	3
			良	2
			优	1
	二级及以下	是	差	4
			中	3
			良	2
			优	1
		否	差	3
			中	2
			良	1
			优	1

6.1.4.2 船舶撞击

1 评估指标

综合考虑船舶碰撞桥梁的可能性和碰撞后对桥梁破坏程度，确定船舶碰撞风险评估指标。

2 评估内容和方法

各指标采取累计得分制，以得分高低表示桥梁安全风险大小，评分标准见表 18。

表 18 指标评分表

序号	评估指标	具体评分标准
1	桥区水域航道条件	桥区航道河床是否稳定，演变是否频繁。 河床 5 年来变化不大，航道条件良好，航标常年不变的，得 4 分； 河床存在一定的冲淤变化，洪、枯水期航标标位有一定调整，得 2 分； 桥址处于分汊河段、距离分汇流口较近，河床冲淤变化明显，得 1 分； 桥址处于易变洲滩，河床不稳定或需要长期流滩，得 0 分。
		桥区水域水流条件对船舶操纵影响。 流速适中，桥轴线法线方向与水流方向交角较小，流态较好，对船舶操纵影响较小，得 3 分；

序号	评估指标	具体评分标准
		水流条件一般，得 2 分； 流速较大，或靠近弯道，桥轴线法线方向与水流方向交角较大，对船舶操纵有一定影响，得 1 分； 流速较大，流态较差，或靠近弯道，桥轴线法线方向与水流方向交角大，对船舶操纵有影响较大，得 0 分
		桥区水域风、能见度对船舶操纵影响。 无明显横风、大雾，对船舶操纵影响较小，得 3 分； 有明显横风、或多雾，对船舶操纵有一定影响，得 1 分； 有明显横风或多雾，对船舶操纵影响较大，得 0 分。
2	桥区水上导助航标志设置维护情况	桥区水上导助航标志设置完善，功能发挥正常，得 5 分； 桥区水上导助航标志设置不符合规范，得 2 分； 未设置桥区水上导助航标志或导助航标志功能不能正常发挥，得 0 分。
3	船舶交通流量	桥区船舶通航密度较小，对船舶通航安全影响较小，得 15 分； 桥区船舶通航密度一般，得 8 分； 桥区船舶通航密度较大，影响船舶通航安全，根据情况按 0-5 分确定得分。
4	船舶通航秩序	船舶航行规范、商船比例高、公司化水平高，得 15 分； 船舶航行规范、商船比例一般、公司化水平一般，得 8 分； 船舶航行不规范、商船比例低、公司化水平低，根据情况按 0-5 分确定得分。
5	事故情况	近 5 年，无碰撞事故得 10 分； 近 5 年每出现 1 次碰撞事故，扣 5 分，共 10 分扣完为止。
6	桥梁通航净空尺寸适应性	通航净宽、净高是否满足现行《内河通航标准》要求，满足要求得 15 分；不满足要求的按与要求差值的值扣分。
7	桥梁抗撞能力与船型适应性	通航批复或设计文件中桥梁抗撞能。 与中高水位期实际通航船舶及船舶大型化发展代表船型或涉水桥墩位置处能够到达的船型相适应，得 15 分； 不适应，且存在一定差距，得 10 分； 不适应，且差距较大，根据情况按 0-5 分确定得分。
8	涉水桥墩数量	涉水桥墩均处于非通航水域或船舶不易驶入的水域，得 10 分； 处于可通航水域内的桥墩数量小于等于 2 个，碰撞风险较小，得 8 分； 处于可通航水域内的桥墩数量大于 2 个小于等于 4 个，得 5 分； 处于可航水域内的桥墩数量大于 4 个，有一定碰撞风险，得 2 分； 处于可航水域内的桥墩数量众多，碰撞风险大，得 0 分。
9	桥梁导助航标志设置维护情况	桥梁导助航标志设置完善，功能发挥正常，得 5 分； 部分桥梁导助航标志设置不符合规范，得 2 分； 未设置导助航标志或导助航标志功能不能正常发挥，得 0 分。

3. 船舶撞击风险标度划分

船舶撞击评估风险标度划分如表 19 所示。

表 19 船舶撞击风险标度划分

风险等级	极小	较小	一般	较大	重大
分值	96-100	81-95	71-80	60-70	0-59
标度	1	2	3	4	5

6.1.4.3 超载超限

1 评估指标

超载超限的评估指标有：超载超限历史事故严重程度、大型车比例是否高、抗超载性能不利的结构形式。

2 评估内容和方法

(1) 历史事故严重程度

近三年发生过 1 起及以上因车辆超载或超限而导致桥梁结构发生损坏、坍塌事故，则超载超限事故严重程度较高。

(2) 大型车比例是否高评估

大型车比例评估主要考虑大型车比例是否较高，其较高的判别条件与“6.1.3.1”相同。

(3) 抗超载性能不利的结构形式

判别条件一，具有下列情形之一时：

- ①采用独柱墩单支座的桥梁；
- ②存在单板受力情况的装配式梁桥；
- ③横向联系性能较差的双曲拱桥、冗余度较少的吊杆体系结构。

判别条件二，具有下列情形之一时：

- ①桥梁技术状况等级为 3 类及以上；
- ②设计荷载标准汽车-20 级及以下；
- ③桥龄大于等于 30 年。

3 超载超限风险标度划分

超载超限的评估风险标度划分如表 20 所示。

表 20 超载超限风险标度划分

超载超限事故 严重程度是否较高	大型车比例是 否较高	结构抗超载性能不利（条件一）	结构抗超载性能不利（条 件二）	标度
是	/	/	/	5
否	是	是，且为独柱墩单支座桥梁	/	5
		是，非独柱墩单支座桥梁	是	5
			否	4
		否	是	3
			否	2
	否	是，且为独柱墩单支座桥梁	/	4
		是，非独柱墩单支座桥梁	是	4
			否	3
		否	是	2
			否	1

6.1.4.4 火灾

1 评估指标

桥梁火灾评估指标有：火灾事故严重程度、火灾隐患程度、结构抗火性能、交通服务重要程度、消防设施：

2 评估内容和方法

1) 火灾事故严重程度

根据桥梁运营历史资料，查找桥梁运营以来发生的火灾次数。具有下列情形之一时，作为火灾事故严重程度较高的判别条件：

- ①运营以来发生 3 起及以上或 1 次死亡 3 人及以上的火灾事故；

②结构发生因火灾引起的大修加固。

2) 火灾隐患程度

引起火灾的因素有桥梁周围存放易燃易爆物，车辆或船舶自燃、碰撞燃烧等。具有下列情形之一时，作为火灾事故隐患程度较高的判别条件：

- ①桥梁周围 200 米范围内存放易燃易爆物；
- ②近 3 年发生过车撞燃烧、船撞燃烧、车辆自燃事故。
- ③所处道路伟危化品、易燃易爆物运输通道。

3) 结构抗火性能

影响结构抗火的因素包括结构材料、使用年限等。具有下列情形之一时，作为结构抗火性能不利的判别条件：桥梁为木桥，缆索承重桥，钢桥，或者钢-混组合式桥梁等。

4) 交通服务重要程度

交通服务重要程度根据桥梁所在公路等级、日平均交通量、桥梁地理位置等进行评估。具有下列情形之一时，作为交通服务重要程度较高的判别条件：

- ①桥梁所在公路等级为高速公路、一级公路；
- ②桥梁位于城镇路段。

5) 消防能力良好程度

具有下列情形之一时，作为消防能力良好的判别条件：

- ①自身消防设施齐全，能够满足一般灭火需求；
- ②自身无消防设施，但消防急救中心到达时间在 30min 内。

3 火灾风险标度划分

火灾评估风险标度划分如表 21 所示。

表 21 火灾风险标度划分

火灾事故严重程度 是否较高	火灾隐患程度 是否较高	结构抗火性能是 否不利	交通服务重要程度 是否较高	消防设施是否 良好	标度
是	/	/	/	/	5
否	是	是	是	否	5
				是	4
		否	否	否	4
				是	3
			是	否	4
				是	3
	否	否	否	否	3
				是	2
			是	否	3
				是	2
		是	否	否	2
				是	1
		否	/	/	1

6.1.5 通行环境

通行环境包括桥域环境、水灾、地震、风和冰雪五个二级指标，评估流程为先分别确定二级指标评定标度，五个评定标度与权重乘积相加得到一级指标交通安全风险指数。

6.1.5.1 桥域环境

1 评估指标

对于桥域环境的评估指标有：是否位于饮用水资源保护区、是否为跨线/跨水桥梁、桥下保护区、出口通行环境和社会影响。

2 评估内容和方法

1) 水资源保护区

对于跨越饮用水资源保护区的桥梁，如若发生安全事故将会对水源质量产生较严重影响，根据桥梁是否位于饮用水资源保护区分为Ⅰ类（否）和Ⅱ类（是）。

2) 跨线/跨水桥梁

根据桥梁是否为跨线/跨水桥梁分为Ⅰ类（否）和Ⅱ类（是）。

3) 桥下保护区

桥下保护区在评估时分为Ⅰ类（桥梁上下游 1km 范围内存在施工作业）和Ⅱ类（桥梁上下游 1km 范围内存在施工作业）。

4) 出口通行环境

《江苏省公路平交道口设置管理暂行规定》中规定“急弯、高路堤以及桥头接线各一百五十米范围内不得增设平交道口”。

具有以下情况之一时，应视为桥梁出口通行环境为Ⅱ类（较差）：

桥梁接线 150m 范围内存在平交道口。

5) 社会影响

具有以下情况之一时，应视为桥梁社会影响为Ⅱ类（较大）：

① 桥梁所在公路等级为高速公路、一级公路；

② 桥梁跨越城镇路段或位于居民区；

③ 桥梁附近 5km 范围内无可替代交通路线；

其余情形视为社会影响为Ⅰ类（较小）。

3 桥域环境风险标度划分

桥域环境评估风险标度划分如表 22 所示。

表 2 桥域环境风险标度划分

评估标准	5 个Ⅰ类	4 个Ⅰ类	3 个Ⅰ类	2 个Ⅰ类	其他
标度	1	2	3	4	5

6.1.5.2 水灾

1 评估指标

水灾评估指标有：水文环境、地质条件、基础和墩台：

2 评估内容与方法

评估指标水文环境、地质条件、基础和墩台的评估如表 23。

表 23 水灾各指标评估等级

评估指标	Ⅰ类	Ⅱ类
水文环境	一般河流	处于泄洪、入海口涨落潮不利环境
地质条件	河床断面稳定	河床断面不稳定
基础	基础无外露，无明显冲蚀、掏空	基础外露，存在冲蚀、掏空
墩台	外观良好，无明显冲蚀	存在表观病害，存在冲蚀

3 水灾风险标度划分

水灾评估风险标度划分如表 24 所示。

表 24 水灾风险标度划分

水文环境	地质条件	基础	墩台	标度
------	------	----	----	----

水文环境	地质条件	基础	墩台	标度
较好	较好	较好	较好	1
			较差	2
		较差	/	3
	较差	较好	较好	2
			较差	3
		较差	/	4
较差	较好	较好	较好	3
			较差	4
		较差	/	5
	较差	较好	/	4
		较差	/	5

6.1.5.3 地震

1 评估指标

地震的评估指标包括设防标准情况，防落梁性能的评估，桥墩细部构造，场地地质灾害危险性。

2 指标内容

地震的评估指标内容依据《公路桥梁抗震性能评估与抗震加固技术指南》、《公路桥梁抗震性能细则》（JTG/T 2231-02-2021）、《公路工程抗震规范》（JTG B02-2013）、《公路桥梁抗震设计细则》（JTG/T B02-01-2008）、《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231-01-2020）等确定。

（1）设防标准情况评估

- ①良好：2009 年以后按现行《公路桥梁抗震设计细则》（JTG/T B02-2008）、《公路悬索桥设计规范》（JTG D65T-05-2015）、《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231-01-2020）等进行抗震设计的桥梁；
- ②较好：1990 年至 2008 年期间按《公路工程抗震规范》（JTJ004-89）设计且为抗震设防 6 度区的桥梁；
- ③较差：1990 年至 2008 年期间按《公路工程抗震规范》（JTJ004-89）设计且为抗震设防 7 度区的桥梁；
- ④很差：1990 年至 2008 年期间按《公路工程抗震规范》（JTJ004-89）设计且为抗震设防 8 度区及以上的桥梁；或 1990 年以前按 1978 年实施的《公路工程抗震规范（试行）》进行抗震设计的桥梁。

（2）防落梁性能评估：

- ①良好：梁端至台帽或盖梁边缘间距满足规范要求，同时所有墩台均设置挡块，状态良好；
- ②较好：梁端至台帽或盖梁边缘间距满足规范要求，同时所有墩台均设置挡块，存在部分挡块开裂、失效情况；
- ③较差：梁端至台帽或盖梁边缘间距不满足规范要求，部分墩台未设挡块，且为抗震设防 6、7 度区的桥梁；
- ④很差：部分墩台未设挡块，或梁端至台帽或盖梁边缘间距不满足规范要求，且为抗震设防 8 度区及以上的桥梁。

（3）桥墩细部构造评估：

- ①良好：桥墩细部构造均满足《公路桥梁抗震性能评价细则》（JTG/T 2231-02—2021）要求；
- ②较好：桥墩细部构造均满足《公路桥梁抗震性能评价细则》（JTG/T 2231-02—2021）要求，桥墩存在裂缝病害；
- ③较差：桥墩细部构造不满足《公路桥梁抗震性能评价细则》（JTG/T 2231-02—2021）要求，且为抗震设防 6、7 度区的桥梁；

④很差：桥墩细部构造不满足《公路桥梁抗震性能评价细则》（JTG/T 2231-02—2021）要求，且为抗震设防 8 度区及以上的桥梁。

（4）场地地质灾害危险性评估：

根据《公路桥梁抗震性能细则》（JTG/T 2231-02-2021）对场地地质灾害危险性评估。

①良好：桥梁不属抗震不利地段和危险地段；

②较好：桥梁处于抗震不利地段和危险地段，场地地质不会发生液化、沉降、地表断裂；

③较差：桥梁处于抗震不利地段和危险地段，场地地质可能发生液化、沉降、地表断裂的一种或多种，且为抗震设防 6、7 度区的桥梁；

④很差：桥梁处于抗震不利地段和危险地段，场地地质可能发生液化、沉降、地表断裂的一种或多种，且为抗震设防 8 度区及以上的桥梁。

3 地震风险标度划分

表 25 地震风险标度划分

评估结果	地震动参数
各指标评价结果都为良好	1
设防标准情况、防落梁性能、桥墩细部构造、场地情况各指标评价结果都为较好及以上	2
设防标准情况、防落梁性能、桥墩细部构造、场地情况中有 1 个指标评价结果为较差	3
设防标准情况、防落梁性能、场地情况中有 2 个及以上指标评价结果为较差	4
设防标准情况、防落梁性能、桥墩细部构造、场地情况有 1 个级以上指标评价结果为很差	5

6.1.5.4 风灾

1 评估指标

风灾评估指标有：风灾事故严重性、抗风设计不足性、风环境严重性和结构受风影响程度。

2 评估内容和方法

（1）风灾事故严重性评估

根据资料收集与现场调查，若该桥梁发生过风灾破坏事故，包括风致结构损坏、风致行车事故，则判定风灾事故严重程度较高。

（2）抗风设计不足性评估

1995 年之前设计，单孔跨径大于 100m 缆索承重桥梁，可认为抗风设计不足。

（3）风环境严重性评估

具有下列情形之一时，作为风环境较严重的判别条件：

① 桥梁抗风风险区域处于 R1；

② 所在位置年台风次数大于 3。

（4）结构受风影响程度评估

具有下列情形之一时，作为桥梁结构受风影响程度较严重的判别条件：

① 跨径大于 40m 的钢桥，或跨径大于 150m 的混凝土桥；

说明：桥梁根据按单孔跨径分：特大桥（ $L_k > 150m$ ）；大桥（ $40m < L_k \leq 150m$ ）；中桥（ $20m \leq L_k \leq 40m$ ）；小桥（ $5m \leq L_k < 20m$ ），特大桥、大桥受风影响程度大，中小跨径桥受风影响程度较小。按材料分钢桥、混凝土桥，钢桥受风影响程度大较混凝土桥大。

② 当结构的抗风性能不满足承载能力极限状态或正常使用极限状态时，没有设置风致振动控制措施，或虽设置风致振动控制措施，但运行不正常。

3 风灾风险标度划分

风评估风险标度划分如表 26 所示。

表 26 风灾风险标度划分

是否发生过风灾事故	抗风设计是否不足	是否处于风环境较严重地区	结构受风影响程度是否较严重	标度
是	/	/	/	5
否	是	是	是	5
			否	4
		否	是	4
			否	3
	否	是	是	3
			否	2
		否	是	2
			否	1

6.1.5.5 冰雪

1 评估指标

冰雪评估指标包括：气温、湿度、降雪量、积雪天数。

2 评估内容和方法

(1) 气温评估

气温(T)评估根据冬季最低气温确定，如表 27 所示。

表 27 气温评估

冬季最低气温/℃	≥2	[0, 2)	[-2, 0)	[-4, -2)	<-4
评估分值/分	1	2	3	4	5

(2) 湿度评估

湿度(H)评估根据冬季平均相对湿度确定，如表 28 所示。

表 28 湿度评估

冬季平均相对湿度/%	<20	[20, 40)	[40, 60)	[60, 80)	≥80
评估分值/分	1	2	3	4	5

(3) 降雪量评估

降雪量(S)评估根据冬季平均降雪等级确定，如 29 所示。

表 29 降雪量评估

冬季平均降雪等级	零星小雪	小雪	中雪	大雪	暴雪
评估分值/分	1	2	3	4	5

(4) 积雪天数评估

积雪天数(D)评估如表 30 所示。

表 30 积雪天数评估

积雪天数	<5	[5, 10)	[10, 15)	[15, 20)	≥20
评估分值/分	1	2	3	4	5

3 冰雪风险标度划分

气温、湿度、降雪量、积雪天数的权重为 0.25：0.15：0.35：0.25，将四个因素所得分数加权后求和得到分数 G。冰雪评估风险标度，如表 31 所示。

表 31 冰雪风险标度划分

得分 G	<1.5	[1.5~2.5)	[2.5~3.5)	[3.5~5.5)	≥5.5
标度	1	2	3	4	5

6.1.6 运营管理

管理因素包括养护管理、交通管理和应急管理三个二级指标，评估流程为先分别确定二级指标评定标度，五个评定标度与权重乘积相加得到一级指标交通安全风险指数。

6.1.6.1 养护管理

1 评估指标

养护管理的评估指标有：养护管理制度、养护周期、养护记录资料、养护管理系统、健康监测系统、养护管理单位和人员。

2 评估内容和方法

(1) 养护管理制度评估

桥梁建立完善的养护管理制度，包括养护周期、养护单位、养护方案、养护作业安全等，且满足《公路桥梁养护管理工作制度》的要求。

(2) 养护周期评估

经常检查、定期检查、应急检查等养护周期满足《公路桥涵养护规范》规定。

(3) 养护记录资料评估

桥梁养护建立完善的养护资料，包括“桥梁基本状况卡片”、“初始检查记录表”、“经常检查记录表”、“定期检查记录表”、“特殊检查记录表”、“桥梁养护作业应制定详尽安全作业方案、定期督查及整改台账”等。

(4) 养护管理系统和健康监测系统评估

建立桥梁养护管理系统；特殊结构桥梁建立了健康监测系统，且运行正常。

(5) 养护管理单位和人员评估

桥梁养护管理由专业桥梁管养单位和桥梁养护工程师负责。

3 养护管理风险标度划分

养护管理的评估风险标度划分如表 32 所示。

表 32 养护管理风险标度划分

满足项数	满足 5 项	满足 4 项	满足 3 项	满足 2 项	其他
标度	1	2	3	4	5

6.1.6.2 交通管理

1 评估指标

交通管理的评估指标包括交通管理措施评估，交通安全状况评估。

2 评估内容和方法

1) 交通管理措施

(1) 桥梁交通诱导设施布局合理及功能良好。

(2) 桥梁前后 200m 范围内设置了可变情报板。

(3) 桥梁设置了超速拍照设备。

2) 交通安全状况

(1) 全桥范围内五年内无重大交通事故及以上事故发生。

3 交通管理风险标度划分

交通管理评估风险标度划分如表 33 所示。

表 3 交通管理风险标度划分

满足规定	标度
满足“交通安全状况”，且满足“交通管理措施”的二项及以上	1
满足“交通安全状况”，且满足“交通管理措施”的一项	2

满足“交通安全状况”	3
不满足“交通安全状况”	4
不满足“交通安全状况”，且不满足“交通管理措施”	5

6.1.6.3 应急管理

1 评估指标

应急管理的评估指标有：应急准备能力评估、应急处治设备评估、决策及响应能力评估、资金保障能力评估。

2 评估内容和方法

(1) 应急准备能力评估

建立有紧急事件应急管理组织机构，制定桥梁紧急事件专项应急预案。

(2) 应急处治设备评估

自有储备的应急救援装备基本能满足紧急事件应急处治工作需求，或与第三方签订应急处治设施设备租赁协议。

(3) 决策及响应能力评估

各职能部门应制定了较完备的培训和演练计划，应急部门可根据事故现场情况采取有效措施，迅速启动应急预案。

(4) 资金保障能力评估

建立有年度应急预算制度，对应急物资储备资金的投入充分，专项用于应急处置物资的采购。

3 应急管理风险标度划分

应急管理评估风险标度划分如表 34 所示。

表 34 应急管理风险标度划分

满足项数	满足 4 项	满足 3 项	满足 2 项	满足 1 项	其他
标度	1	2	3	4	5

6.2 桥梁专项安全性能评估

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 专项安全性能评估是在总体安全风险评估的基础上，对重要桥梁或严重降低综合安全状况的某些二级指标进行的评估。评估采用专项评估计算的方法。

6.2.1.2 专项安全性能评估指标和评估对象如表 35 所示。

表 35 专项安全评估指标和评估对象

指标	专项安全评估对象
承载能力	“总体安全评估”中表观指标评估标度为“4、5”的桥梁
车辆撞击	“总体安全评估”中该项指标评估标度为“5”的跨高速公路桥梁
船舶撞击	“总体安全评估”中该项指标评估标度为“4、5”的桥梁
超载超限	“总体安全评估”中该项指标评估标度为“4、5”的桥梁
火灾	“总体安全评估”中该项指标评估标度为“5”的大跨径、超大跨径钢桥，大跨度斜拉桥、悬索桥、系杆拱桥、桁架桥

6.2.1.3 专项安全评估时，若指标的能力/需求 >1 ，该桥梁综合安全状况评估等级为总体安全评估等级；若指标的能力/需求 <1 ，该桥梁综合安全状况评估等级为“五级”。

6.2.2 承载能力评估

1 评估指标

承载能力评估考虑荷载和抗力两种因素。荷载指结构重力、预加力、基础变位作用等永久作用和汽

车荷载、人群荷载等可变作用，评估指标见现行《公路桥梁承载能力检测评估规程》(JTG/T J21)。

2 评估方法

承载能力评估应采用现行《公路桥梁承载能力检测评估规程》(JTG/T J21)的计算方法；对于承载力验算无法确定安全等级的，应按现行《公路桥梁荷载试验规程》(JTG/T J21-01)进行荷载试验验证。

6.2.3 车辆撞击评估

1 评估指标

车辆撞击的评价分车撞桥墩和车撞主梁的评价，评价主要考虑车撞后桥墩、主梁的内力/应力、损伤/残余变形。

2 评估方法

车辆撞击可采用理论计算法、数值模拟法、风险矩阵法等；有条件时可采用其他先进研究成果的评估方法。车辆冲击力可按现行《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)中“4.4.3 条”的规定取值；或者根据车辆质量、撞击时间、撞击速度计算：车辆质量取桥梁设计车辆荷载的 2 倍或者车辆载重统计的最大值，撞击时间取 0.2s，撞击速度取桥梁设计车速度的 1.2 倍。冲击力对墩/梁的作用计算分析时，应考虑材料性能的退化。

6.2.4 船舶撞击评估

1 评估指标

船舶撞击专项安全性能评估采用对桥墩、支座、基础进行结构验算。

2 评估方法

船舶撞击分析方法可采用强迫振动法、质点碰撞法、数值模拟法等，具体参考现行《公路桥梁抗撞设计规范》(JTG / T 3360-02)；有条件时可采用其他先进研究成果的评估方法。

6.2.5 超载超限评估

1 评估指标

超载超限评估指标包括在超载超限下桥梁的强度、稳定性和抗倾覆性能。

2 评估方法

①强度、稳定性计算

计算可参考《公路桥梁承载能力检测评估规程》(JTG/T J21)、《公路桥涵设计通用规范》(JTJ 021)规范。计算时应考虑旧桥承载力的衰退及实际通行车辆的技术参数。

对桥梁的承载能力验算，主要考虑在实际使用荷载情况下，结构抗弯、抗剪及基础承载能力，并结合桥梁实际技术状况对承载力进行适当折减。

② 抗倾覆计算

桥梁抗倾覆计算流程如下，横向抗倾覆稳定性系数 k_{qr} 等于 2.5。具体可参考现行《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62)。

6.2.6 火灾评估

1 评估指标

火灾专项评估包括桥梁过火后的承载力、残余变形、耐火时间等。

2 评估方法

火灾专项评估方法可选用数值模拟法、事件树法、统计数据估计法、场景分析法、风险矩阵法和指标体系法等；有条件时可采用其他先进研究成果的评估方法。当采用火灾数值模拟法时，可根据桥梁典型场景，分析特定空间、特定热边界条件、特定火源距梁底高度以及模拟时长等因素对桥梁表面环境温度场分布。根据材料的耐火温度和模拟温度，对材料性能进行折减，验算桥梁受火后承载力、残余变形以及耐火时间。

6.3 隧道总体安全风险评估

6.3.1 一般要求

- 6.3.1.1 普通国省道隧道运营期安全风险评估采用“多域源递进评估方法”，分“总体安全风险评估、专项安全性能评估”两阶段递进评估。
- 6.3.1.2 总体安全风险评估应从土建结构、交通特性、通行环境、运营保障、运营管理五个方面考虑。
- 6.3.1.3 江苏省普通国省道桥梁运营期安全风险评估指标如图，评估包含二级指标、一级指标和目标层评估。

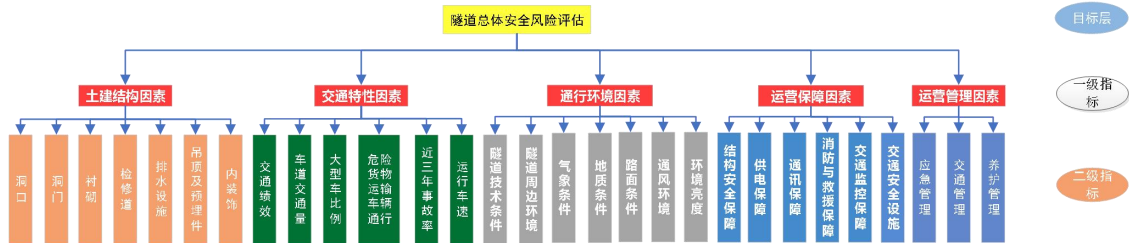


图3 江苏省普通国省道在役隧道总体安全风险评估流程图

- 6.3.1.4 总体安全风险评估以引起不安全宏观因素的可能性和损失大小进行综合评估。评估主要采用分层综合评估的方法，先对二级指标进行评估，再对一级指标进行评估，最后进行目标层评估。
- 6.3.1.5 江苏省普通国省道在役隧道运营期安全风险各指标评估计算方法与“6.1.1.6”相同，得到的目标层“总体安全风险”指数考虑隧道类型的影响，对城市隧道、山岭隧道及水下隧道分别乘以相应隧道类型系数（1.0, 0.95, 0.90）；考虑隧道已使用年限的影响，按已使用年限划分为四个等级，即[0,5), [5,10), [10,15), [15,∞)，对不同使用年限的标度分别乘以相应时间系数（1.0, 0.97, 0.95, 0.92）。
- 6.3.1.6 江苏省普通国省道在役隧道安全风险指标权重如表 37 所示。当桥梁某些二级指标不需要判断时，应根据此二级指标在上层一级指标的隶属关系，将其权重值分配给该指标隶属的一级指标所含的其余各二级指标，分配原则按照各剩余二级指标权重比例进行分配。

表 37 江苏省普通国省道在役隧道安全风险指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重
正常服役	0.109	洞口	0.188
		洞门	0.063
		衬砌	0.500
		检修道	0.025
		吊顶及预埋件	0.075
		排水设施	0.125
		内装饰	0.025
交通安全	0.212	交通绩效	0.045
		车道交通量	0.045
		大型车比例	0.223
		危险货物运输车辆通行	0.370
		近三年事故率	0.190
		运行车速	0.127
偶然保障	0.212	结构安全保障	0.039
		供电保障	0.287
		通讯保障	0.101
		消防与救援保障	0.161
		交通监控保障	0.251

一级指标	权重	二级指标	权重
		交通安全设施	0.161
通行环境	0.359	隧道技术条件	0.066
		隧道周边环境	0.157
		气象条件	0.025
		地质条件	0.229
		路面条件	0.036
		通风环境	0.178
		环境亮度	0.309
运营管理	0.109	应急管理	0.431
		交通管理	0.264
		养护管理	0.305

6.3.1.7 隧道运营期综合安全评估风险等级分为一~五级。综合安全风险评估等级划分如表 38 所示。

表 38 隧道运营期综合安全风险评估等级划分

风险等级	风险等级描述及应对原则	分值区间
一级	基本不会发生安全事故，或事故影响轻微且可忽略，不需采取额外应对措施，正常养护即可。	[90, 100]
二级	发生事故概率较小，事故影响较轻，需要注意风险监测，可不采取应对措施。	[80, 90)
三级	可能发生交通事故，会造成一定程度的后果，应加强风险监测，有条件时考虑采取针对性措施消除安全隐患。	[70, 80)
四级	发生事故概率大，事故后果严重，应进行交通管制，尽快采取应对措施进行安全提升。	[60, 70)
五级	发生事故概率很大，事故后果非常严重，应及时封闭交通，必须采取应对措施进行安全提升。	[0, 60)

6.3.2 土建结构

正常服役包括洞口、洞门、衬砌、检测道、排水设施、吊顶及预埋件及内装饰七个二级指标，评估流程为先分别确定七个二级指标评定标度，再由评定标度与权重乘积相加得到一级指标正常服役风险指数。七个二级指标参照《公路隧道养护技术规范》分别进行评定，结合不同结构技术状况值获取公路隧道土建结构标度值，技术状况值 0~4 对应的本指南标度值 1~5。

6.3.3 交通特性

交通特性评估指标分别由交通绩效、车道交通量、大型车比例、危险货物运输车辆通行、近三年事故率以及运行车速 6 个指标构成。

6.3.3.1 交通绩效

交通绩效是指每年车辆使用公路隧道的总里程数，其定义为年交通量（veh）×隧道长度（km）。交通量采用自然车辆数（单位为 veh），通常采用前一个自然年的交通量评估；如果统计的交通量不满一年，可计算已统计交通量的日平均交通量。

1 评估内容和方法

将隧道交通绩效等级分为五类，分别对应交通绩效风险标度“1-5”。

2 交通绩效标度划分

隧道交通绩效评估风险标度划分应按表 39 所示。

表 39 交通绩效评定分级标准

评估指标	交通绩效（单位：百万车公里/年）	标度
交通绩效	0~1.0	1
	1.01~2.0	
	2.01~5.0	
	5.01~10.0	2
	10.01~20.0	
	20.01~40.0	3
	40.01~70.0	
	70.01~100.0	4
	>100	
		5

6.3.3.2 车道交通量

1 评估内容和方法

车道交通量指每车道年平均日交通量，参考公路工程技术标准（JTG B01-2014）折算方法，将交通量折合成当量小客车（单位为 pcu），将隧道前一年车道交通量分为五类，分别对应本《指南》车道交通量风险标度“1-5”。

2 车道交通量标度划分

隧道车道交通量评估风险标度划分应按表 40 所示。

表 40 车道交通量评定分级标准

评估指标	定性定量指标(单位：pcu/d/车道)	标度
车道交通量	0~2000	1
	2001~4000	2
	4001~8000	3
	8001~15000	4
	>15000	5

6.3.3.3 大型车比例

大型车是指超过 40 座的客车或载质量大于 10 吨的货车，交通量采用自然车辆数（单位为 veh）。

1 评估内容和方法

根据前一年隧道通过大型车比例分为五级，分别对应本《指南》大型车比例风险标度“1-5”。

2 大型车比例标度划分

隧道通过大型车比例评估风险标度划分应按表 41 所示。

表 41 大型车比例评定分级标准

大型车占比（%）	标度
0~5	1
5~10	2
10~20	3
20~30	4
>30	5

6.3.3.4 危险货物运输车辆通行

危险货物以列入国家标准《危险货物品名表》（GB12268）的为准，未列入《危险货物品名表》的，以有关法律、行政法规的规定或者国务院有关部门公布的结果为准。

1 评估内容和方法

根据隧道通过危险货物运输车辆比例分为五级，分别对应本《指南》危险货物运输车通行风险标度“1-5”。

2 危险货物运输车辆通行标度划分

隧道危险货物运输车辆通行评估风险标度划分应按表 42 所示。

表 42 危险货物运输车辆通行评定分级标准

评估指标	评分标准	标度
危险货物运输车辆通行比例 WB (%)	$WB < 0.1\%$	1
	$0.1\% < WB \leq 0.5\%$	2
	$0.5\% < WB \leq 1\%$	3
	$1\% < WB \leq 5\%$	4
	$WB > 5\%$	5

6.3.3.5 近三年事故率

根据资料收集与现场调查阶段获取的近三年内与评估隧道相关的交通事故数据统计资料，计算隧道百万车公里近三年事故率。

1 评估内容和方法

根据近三年事故率将评估指标分为 5 级，分别对应本《指南》近三年事故率风险标度“1-5”。

2 近三年事故率标度划分

隧道近三年事故率评估风险标度划分应按表 43 所示。

表 43 近三年事故率评定分级标准

评估指标	评分标准	标度
近三年事故率 S (隧道百万车公里) $S = \text{事故数} \times 100 \text{ 万车公里} / \text{隧道通行年实际万车公里}$	$S < 0.01$	1
	$0.01 < S \leq 0.04$	2
	$0.04 < S \leq 0.1$	3
	$0.1 < S \leq 0.15$	4
	$S > 0.15$	5

6.3.3.6 运行车速

1 评估内容和方法

根据通过隧道某断面在高峰期和非高峰期两个时间段 1h 内车速数据最大值与隧道限速值差值将评估指标分位 5 级，分别对应本《指南》运行车速风险标度“1-5”。

2 运行车速标度划分

通过隧道车辆运行车速评估风险标度划分应按表 44 所示。

表 4 运行车速评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
$ V - V_0 / (\text{km/h})$	≤ 5	(5, 10]	(10, 15]	(15, 20]	> 20

6.3.4 通行环境

通行环境因素包括隧道技术条件、隧道周边环境、气象条件、地质条件、路面条件、通风环境及环境亮度七个二级指标。

6.3.4.1 隧道技术条件

1 评估内容和方法

1) 隧道长度

隧道长度标度划分如表 45 所示。

表 45 隧道长度标度划分

标度	1	2	3	4	5
隧道长度（m）	<100	[100, 500)	[500, 1000)	[1000, 3000)	≥3000

2) 最小平曲线半径

隧道最小平曲线半径的标度划分如表 46 所示。

表 46 隧道最小平曲线半径标度划分

标度	1	2	3	4	5
最小平曲线半径 R(m)	未设置平曲线	设置平曲线，平曲线半径满足隧道不设超高的圆曲线最小半径要求	设置平曲线，且设置超高，超高值小于等于 2%	设置平曲线，且设置超高，超高值大于 2%，小于 4%	设置平曲线，且设置超高，超高值大于 4%

3) 最大纵坡

隧道最大纵坡标度划分如表 47 所示。

表 47 隧道最大纵坡标度划分

标度	1	2	3	4	5
最大纵坡（%）	[0.3, 1]	(1, 2]	(2, 3]	(3, 4]	>4

4) 隧道通行条件

隧道所处线形状况、洞口接线状况、隧道通行情况对交通安全均有不同程度影响，隧道通行条件评估指标与标度划分分别如表 48 与 49 所示。

表 48 隧道通行条件评估指标

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
隧道通行条件	是否位于连续长下坡路段	是，得 0 分；否，得 30 分。	30
	隧道洞外连接线形与隧道线形是否协调	是，得 15 分；否，得 0 分。	15
	隧道洞外是否与其他隧道相接	是，得 0 分；否，得 20 分。	20
	隧道是否为单洞双向通行	是，得 0 分；否，得 20 分。	20
	隧道是否为人机混合通行	是，得 0 分；否，得 15 分。	15

注：连续长下坡参考《公路路线设计规范》（JTG D20）的相关确定，或被运营管理部门视为“连续长下坡”的路段。

表 49 隧道通行条件标度划分

标度	1	2	3	4	5
隧道通行条件（分）	(80, 100]	(60, 80]	(40, 60]	(20, 40]	[0, 20]

2 隧道技术条件标度划分

隧道长度、最小平曲线半径、最大纵坡及通行条件的权重为 0.3:0.2:0.2:0.3。将评估所得的各因素标度与权重相乘，累加求和，得到隧道技术条件的评估分值，划分评估标度。隧道技术条件标度划分如表 50 所示。

表 50 隧道技术条件标度划分

加权后评估分值	[1.0, 1.5)	[1.5, 2.5)	[2.5, 3.5)	[3.5, 4.5)	[4.5, 5]
标度	1	2	3	4	5

6.3.4.2 隧道周边环境

1 评估内容与方法

隧道周边环境的评估指标如表 51。

表 51 隧道周边环境评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
隧道周边环境	是否建立健全公路隧道保护区安全管理体系及长效工作机制	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	公路隧道建筑控制区的范围是否符合要求	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	新建村镇、开发区、学校和货物集散地、大型商业网点、农贸市场等公共场所，与公路隧道建筑控制区边界外缘的距离是否符合规定	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	公路隧道周边和洞口外 100 米，是否存在从事采矿、采石、取土、爆破作业等危及公路隧道安全的活动	是，得 0 分；否，得 20 分。	20
	除按照国家有关规定设立的为车辆补充燃料的场所、设施外，公路隧道周边和洞口外 100 米是否存在设立生产、储存、销售易燃、易爆、剧毒、放射性等危险物品的场所、设施	是，得 0 分；否，得 20 分。	20

2 隧道周边环境标度划分

隧道周边环境标度划分如表 52 所示。

表 52 隧道周边环境标度划分

标度	1	2	3	4	5
隧道周边环境（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.4.3 气象条件

气象条件的评估指标包括年降雨天数、气温、积雪天数。

1 评估内容与方法

1) 年降雨天数

根据隧道所在城市、地区的气象资料统计降雨量超过 10 毫米的天数。年降雨天数标度划分如下表

53:

表 53 年降雨天数标度划分

年降雨天数（天）	[0, 30)	[30, 50)	[50, 70)	[70, 90)	[90, 365]
标度	1	2	3	4	5

2) 冬季平均最低气温

冬季气温的高低直接影响着路面积雪与结冰情况，极大影响行车安全。冬季平均最低气温的标度划分见下表。

表 54 冬季平均最低气温标度划分

平均最低气温/℃	>2	[0, 2]	[-2, 0]	[-4, -2]	<-4
标度	1	2	3	4	5

3) 冬季积雪天数

积雪天数越长，积雪厚度越大，结冰、增加冰层厚度的可能性就越大，对隧道行车安全的威胁就越高。积雪天数的标度划分分别见下表。

表 55 积雪天数标度划分

积雪天数	<5	[5, 8)	[8, 12)	[12, 20]	>20
标度	1	2	3	4	5

2 气象条件标度划分

年降雨天数、气温以及积雪天气的权重为 0.4:0.2:0.4。将评估所得的各因素标度与权重相乘，累加求和，得到气象条件的评估分值，确定二级指标气象条件的评价标度。气象条件标度划分如表 56 所示。

表 56 气象条件标度划分

加权后评估分值	[1.0, 1.5)	[1.5, 2.5)	[2.5, 3.5)	[3.5, 4.5)	[4.5, 5]
---------	------------	------------	------------	------------	----------

标度	1	2	3	4	5
----	---	---	---	---	---

6.3.4.4 地质条件

1 评估内容和方法

地质条件评估指标依据《公路隧道设计规范》(JTG 3370.1-2018)确定具体评估内容。地质条件评估指标如表 57。

表 57 地质条件评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
地质条件	隧道是否位于基本地震动峰值加速度 0.2g (0.30g) (VIII 度抗震设防烈度) 及以上分区	是, 得 0 分; 否, 得 20 分。	20
	隧址是否存在不良地质、特殊岩土	是, 得 0 分; 否, 得 20 分。	30
	隧道所在地下水水文特点, 是否存在异常涌水、突水	是, 得 0 分; 否, 得 20 分。	30
	是否存在有害气体、有害矿体地层	是, 得 0 分; 否, 得 20 分。	20

2 地质条件标度划分

地质条件标度划分如表 58 所示。

表 58 地质条件标度划分

标度	1	2	3	4	5
地质条件 (分)	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.4.5 路面条件

路面作为公路基础设施的重要组成部分, 其质量好坏直接制约着车辆的行驶状态。路面的评估应采用《公路隧道养护技术规范》的评估方法, 将路面的技术状况分为五类, 分别对应本《指南》洞口风险标度“1-5”。

6.3.4.6 通风环境

1 评估内容和方法

表 59 通风环境评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
通风环境	设备完备性	满足现行规范要求, 得 10 分; 不满足, 得 0 分。	10
	隧道火灾临界风速	满足现行规范要求, 得 20 分; 不满足, 得 0 分。	20
	射流风机	风机本体及外观质量: 无松动, 运转无异响, 涂装无剥落, 得 5 分; 不满足得 0 分	30
		运行方式: 1) 采用机械通风的隧道风机应具备手动控制能力; 2) 防烟与排烟系统应设置自动控制和手动控制设置, 应具有现场控制、远程控制功能; 3) 风机控制装置可控制风机的启动、停止及运转方向; 4) 具有自动控制功能的, 应能进行自动控制, 得 25 分; 不满足得 0 分	
	轴流风机	风机本体及外观质量: 无松动, 运转无异响, 涂装无剥落, 得 5 分; 不满足得 0 分	30
		运行方式: 1) 应具备手动控制能力; 2) 防烟与排烟系统应设置自动控制和手动控制设置, 应具有现场控制、远程控制功能; 3) 风机控制装置可控制风机的启动、停止及运转方向; 4) 具有自动控制功能的, 应能进行自动控制, 得 25 分; 不满足得 0 分	
	风阀	能远程进行开启、关闭, 得 10 分, 不满足得 0 分	10

注: 当某指标按现行规范无强制性要求设置时, 按满分处理。

2 通风环境标度划分

通风环境标度划分如表 60 所示。

表 60 通风环境评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
通风环境（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.4.7 环境亮度

1 评估内容和方法

环境亮度评估指标如表 61 所示。

表 61 环境亮度评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
环境亮度	设备完备性	满足现行规范要求，得 15 分；不满足，得 0 分。	15
	各段路面平均亮度	满足现行规范要求，得 20 分；不满足，得 0 分。	20
	路面亮度总均匀度	满足现行规范要求，得 20 分；不满足，得 0 分。	20
	路面中线亮度纵向均匀度	满足现行规范要求，得 20 分；不满足，得 0 分。	20
	照明控制	具有自动控制、手动控制模式，功能正常，得 15 分；不具有自动控制、手动控制模式，或功能不正常，得 0 分。	15
	应急照明	主供电断电，自动切换到备用供电线路，得 5 分；主供电断电，不能自动切换到备用供电线路，得 0 分。	5
	灯具安装牢固度	牢固，无松动，得 5 分；松动，得 0 分	5

注：当某指标按现行规范无强制性要求设置时，按满分处理。

2 环境亮度标度划分

环境亮度标度划分如表 62 所示。

表 62 环境亮度标度划分

标度	1	2	3	4	5
环境亮度（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.5 运营保障

运营保障因素包括结构安全保障、供电保障、通讯保障、消防与救援保障、交通监控保障、交通安全设施六个二级指标。

6.3.5.1 结构安全保障

结构安全保障评估指标是对结构安全监测系统的综合评估按表 63 确定。

表 63 结构安全保障评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
结构安全保障	是否建立了结构安全监测系统	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	监测数据自动采集是否正常运行	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	监测数据分析功能以及数据是否存在异常	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	监测预警功能是否正常运行	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	监测数据存储与传输是否正常	是，得 20 分；否，得 0 分。	20

结构安全保障标度划分应按表 64 所示。

表 64 结构安全保障评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
结构安全保障（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.5.2 供电保障

供电保障评估指标有外电源、双电源自动投入装置、应急电源装置、不间断电源装置、隧道电力监控系统、电气火灾检测系统、消防水泵巡检系统、消防用电设备配电线路末端切换，按表 65 确定。

表 65 供电保障评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
供电保障	外电源	双重电源供电，得 30 分；两回路电源线路供电，得 22.5 分；单回路电源线路供电，得 12 分。	30
	双电源自动投入装置	有，得 10 分；无，得 0 分	10
	应急电源装置	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 10 分；满足现行规范要求，得 7.5 分；不满足，得 0 分。	10
	不间断电源装置	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 10 分；满足现行规范要求，得 7.5 分；不满足，得 0 分。	10
	隧道电力监控系统	有，得 10 分；无，得 0 分，	10
	电气火灾检测系统	有，得 10 分；无，得 0 分。	10
	消防水泵巡检系统	有，得 10 分；无，得 0 分。	10
	消防用电设备配电线路末端切换	有，得 10 分；无，得 0 分。	10

注：当某指标按现行规范无要求时，按满分处理。

供电保障标度划分应按表 66 所示。

表 66 供电保障评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
供电保障（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.5.3 通讯保障

通讯保障评估指标有隧道全线及洞口覆盖有线广播、隧道内无线调频广播、紧急电话及设置间距、隧道内移动信号强度，按表 67 确定。

表 67 通讯保障评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
通讯保障	隧道全线及洞口覆盖有线广播	洞内、外均设置且状况良好，得 30 分；仅洞内设置且状况良好，得 20 分；未设置或设置但无法使用、使用效果不佳，得 0 分。	30
	隧道内无线调频广播	设置且状况良好，得 10；未设置或设置但无法使用、使用效果不佳，得 0。	10
	紧急电话及设置间距	设置，间距≤100 米且状况良好，得 30 分；间距为 200m 且状况良好，得 18 分；100m<间距≤200m 且状况良好，取线性插值；间距>300m，未设置或设置但无法使用、使用效果不佳，得 0 分。	30
	隧道内移动信号强度	所有运营商均覆盖，得 30 分；部分运营商覆盖，得 10 分；无移动信号覆盖，得 0 分。	30

注：当某指标按现行规范无强制性要求设置时，按满分处理。

通讯保障标度划分应按表 68 所示。

表 68 通讯保障评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
通讯保障（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.5.4 消防与救援保障

消防与救援保障是指相应设备完备性和配置情况，包括紧急停车带布设间距、人行横通道，人行横通道间距、车行横通道、洞外联络通道等 9 个分项指标。消防与救援保障综合评估按表 69 确定。

表 69 消防与救援系统评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
消防与救援	火灾探测报警	设置且状况良好，得 30；未设置或设置但无法使用、使用效果不佳，得 0。	30
	消防设施	设置且状况良好，得 30；未设置或设置但无法使用、使用效果不佳，得 0。	30
	人行横通道	已设置，间距≤250m，得 10 分；间距 350m，得 5 分；250m<间距≤350m 时取线性插值；人行横通道限界宽度<2.0m 或限界高度<2.5m 或间距>350m 时，得 0 分。	10
	车行横通道间距	已设置，间距≤750m，得 10 分；间距 1000m，得 5 分；750m<间距<1000m 时，取线性插值；车行横通道限界宽度<4.5m 或限界高度小于主洞限界高度或间距>1000m 时，得 0 分。	10
	横通道门防火、防烟	设置且状况良好，得 10 分；未设置或设置但无法使用、使用效果不佳，得 0 分。	10
	隧道类型	城市隧道，得 10 分；山岭隧道得 5 分；水下隧道得 0 分	10

注：当某指标按现行规范无强制性要求设置时，按满分处理。

表 70 消防与救援保障评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
消防与救援保障（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.5.5 交通监控保障

本项主要是评估隧道交通监控与控制系统的设备齐全性与布设规范性，包括隧道有无人员值守的监控中心、摄像机远程可控、摄像机布设间距、车辆及事件检测等共计 7 个分项指标。交通监控保障综合评估按表 71 确定。

表 71 交通监控保障评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
交通监控保障	拥堵频率	低（偶尔），得 20 分；中（早晚高峰时段），得 5 分；高（常态），得 0 分。	20
	隧道监控中心及人员值守	设置监控中心且有人员值守，得 15 分；设置监控中心，得 10 分；没有设置监控中心，得 0 分。	15
	危险品车通行管理	禁止通行，得 15 分；在有引导车的情况下限制通行，得 10 分；无限制通行，得 0 分。	15
	摄像机	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 10 分；满足现行规范要求，得 7.5 分；不满足，得 0 分。	10
	视频事件检测系统	有，且功能正常，得 10 分；无，或功能不正常，得 0 分。	10
	车道指示	有，且功能正常，得 10 分；无，或功能不正常，得 0 分	10

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
	洞内、洞外可变情报板	有，且功能正常，得 10 分；无，或功能不正常，得 0 分。	10
	紧急关闭隧道物理措施	有，且功能正常，得 10 分；无，或功能不正常，得 0 分。	10

注：当某指标按现行规范无强制性要求设置时，按满分处理。

表 72 交通监控保障评定分级标准

等级	1	2	3	4	5
交通监控保障（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.5.6 交通安全设施

隧道交通安全设施包括交通标志、标线、轮廓标以及入口防护及过渡。具体的评估指标参照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》(JTG D70/2-2014)。交通安全设施综合评估按表 73 确定。

表 73 交通安全设施评估

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
交通安全设施	标志	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 50 分；满足现行规范要求，得 37.5 分；不满足，得 0 分。	50
	标线	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 25 分；满足现行规范要求，得 18.75 分；不满足，得 0 分。	25
	轮廓标	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 10 分；满足现行规范要求，得 7.5 分；不满足，得 0 分。	10
	入口防护及过渡	优于现行规范要求，视情况得分，最高得 15 分；满足现行规范要求，得 11.25 分；不满足，得 0 分。	15

表 74 交通安全设施评定分级标准

标度	1	2	3	4	5
交通安全设施（分）	[75, 100]	[37.5, 75)	[18.75, 37.5)	[7.5, 18.75)	[0, 7.5)

6.3.6 运营管理

运营管理因素包括养护管理、交通管理和应急管理三个二级指标。

6.3.6.1 养护管理

1 评估内容和方法

表 75 养护管理评定指标

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
养护管理	养护管理制度	有且符合相关要求，得 20 分；未设置，得 0 分。	20
	养护周期	符合相关要求，得 20 分；未设置，得 0 分。	20
	养护记录资料	有且符合相关要求，得 20 分；未设置，得 0 分。	20
	健康监测系统	有且符合相关要求，得 15 分；未设置，得 0 分。	15
	养护管理单位和人员	有且符合相关要求，得 25 分；未设置，得 0 分。	25

2 养护管理风险标度划分

养护管理标度划分如表 76 所示。

表 76 养护管理标度划分

标度	1	2	3	4	5
养护管理（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.6.2 交通管理

1 评估内容和方法

表 77 交通管理评估指标

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
交通管理	大件运输车辆通行管理	无大件运输车辆通行，得 20 分；存在大件运输车辆通行且审批流程符合规定，得 10 分；存在大件运输车辆通行且审批流程不符合规定，得 0 分。	20
	危化品车辆通行管理	无危化品车辆通行，得 20 分；存在危化品车辆通行且审批流程符合规定，得 10 分；存在危化品车辆通行且审批流程不符合规定，得 0 分。	20
	超载车辆通行管理	无超载车辆通行，得 20 分；存在超载车辆通行且审批流程符合规定，得 10 分；存在超载车辆通行且审批流程不符合规定，得 0 分。	20
	隧道养护等施工交通措施管理	设置，符合规范要求，得 20 分；设置，但有损坏，得 10 分；未设置，得 0 分。	20
	交通监控等设施	设置，得 20 分；设置，但有损坏，得 10 分；未设置，得 0 分。	20

2 交通管理风险标度划分

交通管理标度划分如表 78 所示。

表 78 交通管理标度划分

标度	1	2	3	4	5
应急管理（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.3.6.1 应急管理

1 评估内容和方法

表 79 应急管理评估指标

评估指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
应急管理	针对重大突发事件，是否编制应急预案	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	应急预案中救援方案、应急管理队伍职责权限、处置流程内容是否分明、健全	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	应急装备物资和救援设施是否齐全有效	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	应急响应是否及时到位	是，得 20 分；否，得 0 分。	20
	是否定期开展应急演练	是，得 20 分；否，得 0 分。	20

2 应急管理标度划分

应急管理标度划分如表 80 所示。

表 80 应急管理标度划分

标度	1	2	3	4	5
应急管理（分）	[80, 100]	[60, 80)	[40, 60)	[20, 40)	[0, 20)

6.4 隧道专项安全风险评估

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 专项安全性能评估是在总体安全风险评估的基础上，对重要桥梁或严重降低综合安全状况的某些二级指标进行的评估。评估采用专项评估计算的方法。

6.4.1.2 在属于下列条件之一且影响隧道正常运营时，应启动隧道运营专项安全风险评估：

- 1 隧道内火灾、撞击等造成较大及以上事故后。
- 2 隧道发生结构灾害后。

- 3 隧道发生地质灾害后。
- 4 隧道管理单位认为必要时。
- 6.4.1.3 隧道专项安全风险评估包括火灾专项风险评估、结构灾害专项风险评估、地质灾害专项风险评估。隧道专项安全风险评估采用风险矩阵法确定隧道专项风险等级，其中地质灾害专项风险评估结合定性评估方法确定专项风险等级。

表 81 风险事故可能性分级

可能性等级	定量标准	定性标准
1	<0.0003	几乎不可能发生
2	[0.0003, 0.003)	很少发生
3	[0.003, 0.03)	偶尔发生
4	[0.03, 0.3)	可能发生
5	≥0.3	频繁发生

注:定量标准为风险事件发生的概率值，当概率值难以取得时，可用风险事件年发生频率代替。可能性等级应优先采用定量标准确定，当无法进行定量计算时，可采用定性标准确定。

表 82 风险事故后果分级

后果等级	人员伤亡分级标准	直接经济损失分级标准
1	重伤人数 5 人以下	500 万元以下
2	3 人以下死亡(含失踪)或 5 人以上 10 人以下重伤	500 万元以上 1000 万元以下
3	3 人以上 10 人以下人员死亡(含失踪)或 10 人以上 50 人以下重伤	1000 万元以上 5000 万元以下
4	10 人以上 30 人以下人员死亡(含失踪，或 50 人以上 100 人以下重伤	5000 万元以上 10000 万元以下
5	30 人以上人员死亡(含失踪)或 100 人以上重伤	10000 万元以上

根据隧道运营安全风险事件发生的可能性和后果等级，依据风险矩阵确定风险分级。

表 83 隧道专项安全风险矩阵分级

风险等级		风险事件后果				
		1	2	3	4	5
风险事件可能性	1	一级	一级	二级	二级	三级
	2	一级	二级	二级	三级	三级
	3	二级	二级	三级	三级	四级
	4	二级	三级	三级	四级	四级
	5	三级	三级	四级	四级	五级

6.4.2 火灾专项风险评估

6.4.2.1 评估指标

火灾风险识别包括对火灾风险源、风险事件及其原因、影响因素、潜在后果的识别。

6.4.2.2 评估方法

火灾风险分析可分为 4 个步骤，包括：选择典型火灾场景、火灾场景可能性估算、火灾场景后果估算、确定风险等级。

- 1 火灾风险分析时，应逐一分析典型火灾场景的可能性和后果。
- 2 可能性分析方法可选用专家调查法、统计数据估计法、事件树法，这些方法可单独或组合使用。事件树中各分支条件概率可统计数据直接估计，也可采用专家调查法综合确定。
- 3 后果分析方法可选用专家调查法、数值模拟法，这些方法可单独或组合使用。采用数值模拟法定量分析评估对象火灾事故的后果时，应综合考虑火灾规模、人员荷载、火灾自动报警系统有效性、控

烟排烟效果、疏散出口间距及宽度等情况，通过模拟软件和人员疏散模拟软件建立数值计算模型，对火灾烟气扩散过程和疏散过程进行模拟分析，计算可用疏散时间和必需疏散时间，通过比较对疏散的安全性进行评估，获得可能人员伤亡数量。

当采用火灾数值模拟法时，可根据隧道典型场景，分析特定空间、特定热边界条件、特定火源距隧道顶部高度以及模拟时长等因素对隧道表面环境温度场分布。根据材料的耐火温度和模拟温度，对材料性能进行折减，验算隧道受火后承载力、残余变形以及耐火时间。

6.4.3 结构灾害专项风险评估

6.4.3.1 评估指标

隧道结构灾害专项风险评估应针对剥落掉块、变形失稳、突泥涌水、路面结构、装饰标线等单一灾害风险，以及多种灾害耦合作用风险。

6.4.3.2 评估方法

结构灾害专项风险评估时，采用定量方法计算结构灾害风险事件发生的可能性和后果具体数值，有助于进一步量化分析结构灾害风险源或事故原因，比选应对措施效果。当条件不充分或基础数据不足时，可采用专家调查法等定性方法评估结构灾害风险事件发生的可能性和后果等级。

1 隧道结构灾害风险评估应采用定性或定量的方法对风险发生的可能性、后果及风险大小进行估算。

2 隧道承载结构风险宜采用数值计算分析，如剥落掉块、变形失稳、突泥涌水等，均可通过将风险源作用等效为外荷载、结构自身劣损等效为模型损伤等方式，进行数值模拟计算分析。相关等效计算模型与方法，可作为数值计算分析的参考。在情况较复杂时，可采用模型实验进行分析。

3 隧道交通结构定量风险分析可采用数值模拟方法，有条件可采用试验分析。隧道路面结构风险可采用驾驶模拟的数值方法进行风险分析，对路面风险对驾驶的影响进行分析；隧道装饰标线风险可采用VR实验，或实体实验等方式，分析对驾驶人员的影响。

4 在定量风险分析难以开展时，可进行隧道结构专项风险定性分析，资料不充分或评估困难时，可采用专家调查法确定。

6.4.4 地质气象灾害专项风险评估

地质气象灾害具体指洞口岩石崩塌、山体滑坡、活动断裂与地震等地质灾害以及暴雨、冰雹、暴雪等气象灾害。

6.4.4.1 评估指标

地质灾害专项风险评估指标包括洞口岩石崩塌、山体滑坡、活动断裂与地震、暴雨水淹、洞口结冰。

6.4.4.2 评估方法

地质气象灾害风险评估采用定性评估。资料不全或灾害作用复杂时，可采用专家调查法评估。

表 84 洞口岩石崩塌、山体滑坡风险等级

评估指标	定性描述	风险等级
洞口岩石崩塌、山体滑坡	完好，无破坏现象	一级
	山体及岩体、挡土墙、护坡等有轻微裂缝产生，排水设施存在轻微破坏	二级
	山体及岩体裂缝发育，存在滑坡、崩塌的初步迹象，坡面树木或电线杆轻微倾斜，挡土墙、护坡等产生开裂、变形，土石零星掉落，排水设施存在一定裂损、阻塞	三级
	山体及岩体严重开裂，坡面树木或电线杆明显倾斜，挡土墙、护坡等产生严重开裂、明显的水久变形，墙角或坡面有土石堆积，排水设施完全堵塞、破坏，排水功能失效	四级
	山体及岩体有明显而严重的滑动、崩塌现象，挡土墙、护坡断裂、外倾失稳、部分倒塌，坡面树	五级

评估指标	定性描述	风险等级
	木或电线杆倾倒等	

表 85 活动断裂与地震风险等级

评估指标	风险描述	风险等级
活动断裂与地震	无地面沉降，隧道衬砌轻微错台，无裂缝，拱顶无掉块，对隧道结构和交通运行无影响。	一级
	无地面沉降，隧道衬砌轻微错台，存在少量裂缝，拱顶无掉块，对隧道结构和交通运行存在轻微影响	二级
	地面出现轻微沉降，隧道衬砌明显错台，存在较多微裂缝，拱顶轻微掉块，会影响隧道结构稳定和交通运行安全。	三级
	地面出现较严重沉降，隧道衬砌较严重错台，存在较多裂缝，拱顶较严重掉块，严重影响隧道结构稳定和交通运行安全。	四级
	地面出现严重沉降，隧道衬砌严重错台，存在大量裂缝，拱顶严重掉块，危及隧道结构稳定和交通运行安全。	五级

表 86 暴雨水淹、洞口结冰风险等级

评估指标	风险描述	风险等级
暴雨水淹、洞口结冰	路面完好干燥；洞口路面不打滑，对行车安全无影响	一级
	路面完好干燥；洞口路面不打滑，对行车安全影响小	二级
	路面湿润或轻微积水，引起使用者明显的不舒适感，可能会影响行车安全	三级
	路面积水严重，抗滑系数过低引起车辆打滑，影响行车安全	四级
	路面出现浸水、结冰或冰锥；洞口出现结冰、挂冰或冰柱，严重影响行车安全，可能导致交通意外事故	五级

7 风险管控

7.1 一般要求

- 7.1.1 安全风险管控应坚持“预防为主、防治结合”的原则。
- 7.1.2 安全风险管控应根据工程特点、风险评估结果、成本效益比等，分层次制定风险分级管控措施。措施建议应具体翔实并具操作性。

7.2 管控措施

- 7.2.1 公路桥隧安全风险管控应根据风险评估结果按照表 87 风险接受准则，采取分级风险控制策略。

表 87 风险级别接受准则与控制策略

风险等级	风险状况	接受准则	控制策略
一级	低	可忽略	实施日常管理
二级	较低	可接受	实施定期检测评估
三级	中等	可容忍	实施预防、监测等措施，提升安全性
四级	较高	不期望	实施控制、预警措施削减风险
五级	高	不接受	修改、规避或启动预案

7.2.2 桥隧安全风险管控措施除参考本标准外，也可根据实际情况采取其他切实有效的工程措施、管理措施等。管控措施可参考附录 A。

附 录 A
(资料性)
管控措施

A.1 桥梁安全风险管控措施参见表A.1。

表 A.1 桥梁安全风险管控措施

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
1	正常服役	表观	技术状况	结构外观状况较差	车辆损伤、人员伤亡、受力失衡、垮塌	定期检查评估、及时修复破损部位、加强日常维护保养及明确管护责任等
2	交通安全	护栏设施	交通事故严重程度	事故发生概率较大	车辆损伤、人员伤亡	强化结构安全检测与维护、优化交通管控（限载限速等）、完善消防与应急设施、加强巡查监管及提升应急处置能力等
3			大型车比例	通行车辆较多、重车较多	结构损伤、车辆损伤、人员伤亡	实施限载限行、优化交通分流、加强重车检测与管理、强化桥梁结构监测及定期维护加固等
4			标准符合性	未设置栏杆或设置的栏杆不满足现行规范。	高处坠落、车辆伤害。	按规范增设或改造栏杆、加强检查督促及明确维护责任等
5		交通条件	桥面状况	桥面损坏	车辆损伤、人员伤亡	及时修补破损区域、加强日常巡查维护、限制超载车辆通行及定期评估修复等
6			年不良天气数	天气环境较差	车辆损伤、人员伤亡	完善气象监测预警、设置防滑防撞设施、实施恶劣天气限行管控及加强桥面维护等
7			大型车比例	通行车辆较多、重车较多	车辆损伤、人员伤亡	实施限载限行、优化交通分流、加强重车检测与管理、强化桥梁结构监测及定期维护加固等
8			超速大小	车速较快	车辆损伤、人员伤亡	设置限速标识、安装测速设备并加强处罚、优化交通设施引导减速及强化巡逻管控等

T/JSCTS XX—20XX

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
9		其他安全设施	限载标志	外力损坏、不符合规范	车辆损伤	及时修复或更换标志、按规范重新设置、加强巡查防护及明确管护责任等
10			桥梁信息公示牌	外力损坏、老化	车辆损伤	及时修复或更换损坏老化公示牌、定期检查维护、加强防护及明确管护责任等
11			交通标线	外力损坏、老化	车辆损伤	及时修复或重新施划标线、定期检查维护、加强防护及明确管护责任等
12			视线诱导设施	外力损坏、老化	车辆损伤	及时修复或更换损坏老化设施、定期检查维护、加强防护及明确管护责任等
13			防眩设施	外力损坏、老化	车辆损伤	及时修复或更换损坏老化设施、定期检查维护、加强防护及明确管护责任等
14			防抛网	外力损坏、不符合规范	车辆损伤	及时修复或按规范更换防抛网、加强巡查防护及明确管护责任等
15	偶然因素	车辆撞击	历史交通事故严重性	事故发生概率较大	车辆损伤、人员伤亡	强化结构安全检测与维护、优化交通管控（限载限速等）、完善消防与应急设施、加强巡查监管及提升应急处置能力等
16			跨越道路等级	通行车辆较多	车辆损伤、人员伤亡	实施限载限行、优化交通分流、加强重车检测与管理、强化桥梁结构监测及定期维护加固等
17			桥下净空	不符合规范要求	结构损伤、车辆损伤、人员伤亡	设置限高标识、限制超限车辆通行及引导绕行等
18			下穿道路大型车比例	通行车辆较多、重车较多	结构损伤、车辆损伤、人员伤亡	实施限载限行、优化交通分流、加强重车检测与管理、强化桥梁结构监测及定期维护加固等
19			主梁防撞设施	外力损坏、不符合规范	结构损伤、车辆损伤、人员伤亡	及时修复或按规范更换设施、加强巡查防护及明确管护责任等
20			桥墩防撞构造	外力损坏、不符合规范	结构损伤、车辆损伤、人员伤亡	及时修复或按规范更换设施、加强巡查防护及明确管护责任等
21		船舶撞击	桥区水域航道条件	航道条件受限	结构损伤、船舶损伤	限制通航时间、通航流量、通航速度、通航顺序等；航道疏浚与整治、完善助航设施等。

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
22			桥区水上助航标志设置维护情况	外力损坏、不符合规范	结构损伤、船舶损伤	及时修复或按规范更换标志、加强巡查防护及明确管护责任等
23			船舶交通流量	通行船舶较多	结构损伤、船舶损伤	限制通航时间、通航流量、通航速度、通航顺序等；
24			船舶通航秩序	船舶航行不规范、商船比例高	结构损伤、船舶损伤	完善、强化监管、船员教育，规范行为；优化通航调度、升级港口服务、引导运输结构调整，合理疏解与管理。
25			事故情况	事故发生概率较大	结构损伤、船舶损伤	加强巡逻与监控；加强培训教育；疏浚航道、完善助航设施等。
26			桥梁通航净空尺寸适应性	不符合规范	结构损伤、船舶损伤	拓宽、增高或重建航道、设置警示标识、限制超限船舶通行、制定绕行方案等。
27			桥梁抗撞能力与船型适应性	不符合规范	结构损伤、船舶损伤	加固桥梁结构、限制不匹配船型通行、制定防撞预案及引导船舶绕行等措施，保障桥梁与通航安全。
28			涉水桥墩数量	通航孔较多	结构损伤、船舶损伤	限制通航时间、通航流量、通航速度、通航顺序等；
29			桥梁导助航标志设置维护情况	外力损坏、不符合规范	结构损伤、船舶损伤	及时修复或按规范更换标志、加强巡查防护及明确管护责任等
30		超载超限	超载超限历史事故严重程度	事故发生概率较大	结构损伤、车辆损伤	强化结构安全检测与维护、优化交通管控（限载限速等）、完善消防与应急设施、加强巡查监管及提升应急处置能力等
31			大型车比例是否高	通行车辆较多、重车较多	结构损伤、车辆损伤、人员伤亡	实施限载限行、优化交通分流、加强重车检测与管理、强化桥梁结构监测及定期维护加固等
32			抗超载性能不利的结构形式	抗超载性能不利	结构损伤、车辆损伤	实施限载管控、加强超载检测与处罚、对结构进行加固改造、强化实时监测及优化交通分流等
33		火灾	火灾事故严重程度	事故发生概率较大	结构损伤、车辆损伤	加强火源管控（严禁违规动火、规范危险品运输）、配备消防设施、制定应急预案并定期演练、强化巡查监测等。
34			火灾隐患程度	易燃物等堆积	结构损伤	定期清理易燃堆积物、严禁违规堆放、加强巡查监管及设置警示标识

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
						等措施，消除火灾隐患
35			结构抗火性能	桥梁易燃	结构损伤	加强火源管控（严禁违规动火、规范危险品运输）、配备消防设施、制定应急预案并定期演练、强化巡查监测等。
36			交通服务重要程度	交通环境复杂	车辆损伤	优化交通组织（如分道行驶、限速限行）、完善交通设施（如标志标线、监控照明）、加强秩序管控及强化应急疏导等
37			消防设施	消防设施缺失	结构损伤、车辆损伤	按规范配备消防器材、定期检查维护、明确管理责任及加强巡查督促等
38	通行环境	桥域环境	是否位于饮用水资源保护区	桥梁位于饮用水资源保护区	车辆损伤、人员伤亡、环境污染	严控桥面污染物排放（如设置收集设施）、加强桥面及周边环境巡查、制定污染应急处置预案及限制高污染车辆通行等
39			是否为跨线/跨水桥梁	跨线/跨水桥梁	车辆损伤、人员伤亡	强化结构安全监测、完善防撞与防护设施、严格交通管控（限载限速等）、健全应急处置机制及加强周边环境管理等
40			桥下保护区	桥梁保护区内存在施工作业	结构损伤	明确保护范围与禁止行为、加强日常巡查监管、清理违规占用与建设、设置警示标识及落实管护责任等
41			出口通行环境	存在交叉口	车辆损伤、人员伤亡	设置交通信号灯、完善标志标线引导、加强车辆分流管控、安装监控设备及强化通行秩序管理等
42			社会影响	桥梁保护区环境较复杂	车辆损伤、人员伤亡	明确保护边界与管控要求、加强多部门联合巡查、清理违规行为、完善警示设施及动态监测环境影响等
43		水灾	水文环境	处于泄洪、入海口涨落潮不利环境	结构损伤	强化结构抗冲刷防腐处理、完善水文监测预警、设置防护设施、定期检查维护及制定应急处置方案等
44			地质条件	河床断面不稳定	结构损伤	设置护岸、抛石等防护工程稳固河床，加强水文监测预警，定期评估冲刷情况，及时采取加固桥墩基础等
45			基础	基础外露，存在冲蚀、掏空	结构损伤	开展地质勘察与结构检测，采用抛石、注浆、钢板桩等方式加固基础，修复冲蚀部位，后续加强动态监测维护
46			墩台	存在表观病害，存在冲蚀	结构损伤	对表面病害修补、冲蚀部位加固防护（如喷涂防腐涂层、设置护面结构）处理，后续加强巡检维护

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
47		地震	设防标准情况	不符合现行标准	结构损伤	采取加固（如增设约束装置、增强结构联结、加大配筋等）、减隔震改造（设减隔震装置）或重建措施，同时强化日常监测与应急演练，严格交通管制、限制重载车通行
48			防落梁性能	不符合现行标准	结构损伤	按现行标准增设或改造防落梁装置、强化结构连接、加强检测维护及明确管护责任等
49			桥墩细部构造	不符合现行标准	结构损伤	按现行标准改造或修复构造缺陷、加强检测验收及明确管护责任等
50			场地地质灾害危险性	抗震设防 6 度区及以上	结构损伤	按现行抗震标准强化结构抗震设计与加固，定期开展抗震性能检测评估，完善应急抗震预案，加强日常监测与维护
51		风灾	风灾事故严重性	事故发生概率较大	结构损伤、车辆损伤	安装风监测设备、设置限风警示与交通管制、强化结构抗风加固、制定大风应急预案及加强日常维护等措施
52			抗风设计不足性	不符合现行标准	结构损伤	按现行标准进行抗风加固、优化结构细节，加强风环境监测与通行管控
53			风环境严重性	风环境较严重	结构损伤	安装风监测预警系统、设置限风交通管制、强化结构抗风加固、完善防风设施及制定应急处置方案等
54			结构受风影响程度	桥梁结构受风影响程度较严重	结构损伤	加装风障、减震装置等抗风设施，强化结构加固，实时监测风力风速并联动交通管制，制定大风应急方案及加强日常维护等
55		冰雪	气温	冬季最低气温较低	车辆损伤、人员伤亡	安装融雪除冰设施、储备防滑除冰物资、加强低温时段巡查、设置警示标识及制定低温应急预案等
56			湿度	冬季平均相对湿度较高	车辆损伤、人员伤亡	加强结构防腐处理、安装湿度监测设备、定期检查维护易受潮部件、清除表面积水积雪等
57			降雪量	冬季平均降雪等级为暴雪	车辆损伤、人员伤亡	提前储备足量环保型融雪剂、防滑料、警示标识等物资，检修调试铲雪车、撒布机等除雪设备，强化人员培训与部门联动
58			积雪天数	积雪天数较多	车辆损伤、人员伤亡	提前储备足量环保型融雪剂、防滑料、警示标识等物资，检修调试铲雪车、撒布机等除雪设备，强化人员培训与部门联动
59	管理因	养护管理	养护管理制度	不满足《公路桥梁养护管	养护不利	全面梳理制度要求，组织专业培训提升人员认知，明确管养与监管单

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
	素			理工作制度》		位职责,按规定周期开展检查并及时更新管理系统数据,依桥梁技术状况分类实施养护,规范养护工程管理流程,建立健全技术档案,加强监督检查与责任追究
60			养护周期	不满足《公路桥涵养护规范》	养护不利	按规范要求重新制定适配的养护周期计划,严格执行日常巡查、定期检查及特殊检查频次,及时调整养护安排,确保养护工作与规范周期要求一致
61			养护记录资料	养护记录资料台账不完整或缺失	养护不利	全面梳理过往养护工作,从基础资料、检查资料、养护维修资料等类别入手,通过查阅施工档案、检测报告、日常巡检记录等补充缺失部分,规范记录格式,安排专人负责台账管理,定期审核与更新,利用信息化手段建立电子台账
62			养护管理系统、健康监测	未建立相应的系统	养护不利	按规范要求搭建涵盖基础信息、养护记录、监测数据的管理系统,安装结构关键部位监测设备,实现数据实时采集与分析,提升养护智能化水平
63			养护管理单位和人员	无专业桥梁管养单位和桥梁养护工程师	养护不利	通过招标或指定等方式明确专业桥梁管养单位,同时按规定标准选拔并聘任桥梁养护工程师,后续持续开展业务培训与考核
64		交通管理	交通管理措施	未设任何交通管理措施	车辆损伤、人员伤亡	增设限速、限载、禁令等标志标线,配置必要的监控与照明设施,明确通行规则,加强交通疏导与执法监管
65			交通安全状况	事故发生概率较大	结构损伤、车辆损伤	全面排查风险隐患,强化结构检测与加固,完善交通管控、应急预案及监测预警机制,加强养护管理与应急演练
66		应急管理	应急准备能力评估	无应急预案以及应急队伍	养护不利	编制涵盖各类险情的应急预案,组建专业应急队伍并开展培训演练,配备应急物资与设备,明确响应流程与责任分工
67			应急处治设备评估	无应急处治设备	养护不利	按应急需求配备抢险机械、检测工具、防护设施等设备,定期检查维护确保完好,明确存放位置与调用流程,保障应急处置时高效启用
68			决策及响应能力评估	无应急培训和演练计划	养护不利	制定系统的应急培训方案与定期演练计划,明确培训内容、演练频次及流程,组织相关人员参与实操训练

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事故类型	建议管控措施
69			资金保障能力评估	养护资金不到位	养护不利	协调落实专项养护资金并纳入预算保障，建立资金动态调整机制，规范资金使用监管，确保养护工作有序开展

A.2 隧道安全风险管控措施参见表 A.2。

表 A.2 隧道安全风险管控措施

序号	一级评估指标	二级评估指标	致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
1	土建结构	洞口	山体及岩体有滑动、崩塌现象，挡土墙、护坡断裂、外倾失稳、部分倒塌，坡面树木或电线杆倾倒等	结构损坏、车辆损伤、人员损伤	采取临时支护加固、清除危岩隐患、修复或重建挡护结构、移除倾倒物，同步监测山体位移与结构状态，制定应急撤离方案，防止险情扩大
2		洞门	洞门结构开裂、砌体断裂、混凝土块可能掉落或已有掉落；墙身出现倾倒、垮塌，存在喷水或大面积挂冰等	结构损坏、车辆损伤、人员损伤	设置警示区、临时支护加固，清除松动构件，修复开裂结构，治理渗漏水并消除挂冰，同步监测结构状态，保障通行安全
3		衬砌	衬砌结构发生永久变形，裂缝密集，出现剪切性裂缝，裂缝深度贯穿衬砌混凝土；由于拱顶裂缝密集，衬砌开裂，导致起层、剥落，混凝土块可能掉下；衬砌拱部背面存在大的空洞，且衬砌有效厚度很薄，空腔上部可能掉落至拱背；衬砌结构侵入建筑限界；拱部有喷射水流，侧墙存在严重影响行车安全的涌水，地下水从检查井涌出，路面积水严重，伴有严重的沙土流出和衬砌挂冰，影响行车安全	结构损坏、车辆损伤、人员损伤	立即封闭危险区域禁止通行，采用临时支撑加固衬砌，清除松动剥落混凝土，注浆填充拱背空洞并加厚衬砌，治理涌水涌沙（如设置排水系统、帷幕注浆堵水），清除挂冰与路面积水，同步监测结构位移与水文情况，制定专项修复方案并限期整改
4		检测道	护栏、面板、路缘石损坏，原有功能丧失，影响行人和交通安全	车辆损伤、人员损伤	及时更换或修复损坏部件，恢复其防护与通行功能，设置临时警示标识，加强检查维护
5		排水设施	排水设施阻塞，结构破损，溢水造成路面积水漫流、结冰，影响行车安全	车辆损伤、人员损伤	立即疏通堵塞管道、修复破损设施，及时清除路面积水与冰层，增设临时排水措施并加强巡查维护
6		吊顶及预埋件	吊顶破损、开裂甚至掉落，出现喷涌	车辆损伤、人员	设置警示区并临时加固，清除松动部件与冰块，修复或更换破损吊顶

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
				水、严重挂冰，各种预埋件和悬吊件严重锈蚀或断裂，各种桥架和挂件出现严重变形或脱落，影响行车安全	损伤	及锈蚀断裂的预埋件、桥架等，治理涌水源头，加强部件防腐处理与定期检查
7		内装饰		内装饰板或瓷砖变形、破损、脱落，影响行车安全	车辆损伤、人员损伤	及时清除松动部件，修复或更换破损装饰材料，加固安装结构，设置临时警示标识，加强日常检查维护，防止部件坠落
8	交通特性	交通绩效		交通流量较大	车辆损伤	优化交通信号与诱导系统，实施分时段限行或限流措施，加强实时监控与车流疏导，增设应急通道，提升洞内照明与通风能力
9		车道交通量		交通流量较大	车辆损伤	优化交通信号与诱导系统，实施分时段限行或限流措施，加强实时监控与车流疏导，增设应急通道，提升洞内照明与通风能力
10		大型车比例		通行车辆较多、重车较多	车辆损伤	化交通流量实时监控，设置限重标识与称重设备，实施重车分时段通行或限流措施，加强洞内巡查与疏导，优化通风照明，定期检查隧道结构承载状态
11		危险货物运输车辆通行		隧道通过危险货物运输车辆比例较高	结构损坏、车辆损伤	严格实施危险品车辆通行审批与报备，设置专用车道及警示标识，配备防爆、消防等应急设备，加强实时监控与全程引导，制定专项应急预案并定期演练
12		近三年事故率		事故发生概率较大	车辆损伤、人员伤亡	全面排查结构、设备、交通等风险隐患，强化检测加固与设施维护，优化交通管控，完善应急预案与监测预警系统，加强应急演练与日常巡查
13		运行车速		车速较快	车辆损伤、人员伤亡	增设限速标识与测速设备，强化交通执法监管，设置减速带或震荡标线，优化洞内照明与视线引导，通过广播提示控速
14	通行环境	隧道技术条件	隧道长度	隧道为特长隧道、长隧道	车辆损伤、人员伤亡	化分段监控与应急分区设置，完善通风、照明、消防及通信系统，加密结构安全监测与日常巡查，制定专项应急预案并增加应急设施配置
15			最小平曲线半径	超高值大于 4%	车辆损伤、人员伤亡	根据规范调整超高值，设置醒目的限速及超高警示标识，加强对大型车辆通行引导，监测路面沉降与结构受力
16			最大纵坡	最大纵坡 4%	车辆损伤、人员伤亡	设置醒目的坡度及限速标识，强化大型车辆爬坡 / 下坡引导与监控，

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
					伤亡	检查排水系统确保畅通，对长下坡段增设避险车道及降温设施，定期监测路面抗滑性能与车辆制动状态
17			隧道通行条件	隧道洞外连接线形与隧道线形不协调、隧道洞外与其他隧道相接、隧道是为单洞双向通行、隧道是为人机混合通行	车辆损伤、人员伤亡	优化洞外连接线路形以匹配隧道线形，设置过渡段与衔接警示标识；对单洞双向通行路段划分车道、增设隔离设施与会车视距保障；针对人机混合通行，设置物理隔离与分道行驶标识，加强交通管控与安全巡查
18		隧道周边环境		公路隧道控制区的范围不符合规范要求	结构损坏、车辆损伤、人员损伤	按规范重新划定控制区边界并明确标识，清理区内违规设施，加强区域管控与巡查
19		气象条件	年降雨天数	降雨量超过 10 毫米的天数较多	车辆损伤、人员损伤	强化洞口排水系统（如增设截水沟、加大排水能力），监测洞内渗漏水情况，及时清理积水与淤泥，加固洞周边坡及挡护设施，暴雨时加强巡查并做好交通警示
20			冬季平均最低气温	冬季平均最低气温较低	车辆损伤、人员损伤	在洞内及洞口设置融雪除冰设施（如加热系统、撒布装置），加强排水系统防冻维护，及时清除路面积冰与挂冰，设置低温警示标识，强化实时监测与应急响应
21			冬季积雪天数	积雪天数较多	车辆损伤、人员损伤	在洞口及洞内易积雪路段配备融雪设备（如铲雪车、撒盐机），设置防冻排水系统，及时清除积雪与结冰，铺设防滑材料，设置积雪警示标识，加强雪天巡查与交通疏导
22		地质条件		隧道位于基本地震动峰值加速度 0.2g（0.30g）（Ⅷ度抗震设防烈度）及以上分区、存在不良地质、特殊岩土、所在地下水存在异常涌水、突水、存在有害气体、有害矿体地层	结构损坏、车辆损伤、人员损伤	按抗震规范强化结构抗震设计与加固，对不良地质和特殊岩土采取超前支护、改良处理，设置专项排水堵水系统控制涌水突水，建立有害气体监测与抽排系统，加强施工及运营期地质与环境监测，制定专项应急预案
23		路面条件		路面出现大面积的沉陷、隆起、坑洞，路面板严重错台、断裂、表面剥落、露骨、破损、裂缝，出现漫水、结冰	车辆损伤、人员损伤	立即封闭危险路段，设置警示标识，快速修复或临时加固破损路面，清除积水与冰层，排查路面结构病害根源并彻底整治，加强通行管控与监测

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
				或堆冰，严重影响行车安全，可能导致交通意外事故		
24		通风环境	设备完备性	不满足现行规范要求	车辆损伤、人员损伤	按规范升级或更换通风设备，优化通风系统运行参数，加强设备维护与性能监测，增设应急通风措施
25			隧道火灾临界风速	不满足现行规范要求	车辆损伤、人员损伤	重新核算通风系统参数，升级或改造通风设备以提升风速至规范要求，优化火灾时通风模式控制策略，加强设备调试与性能监测
26			射流风机	不满足功能要求	车辆损伤、人员损伤	立即检修或更换失效风机，重新调试风机运行参数以符合设计标准，加强日常维护与性能检测
27			轴流风机	不满足功能要求	车辆损伤、人员损伤	及时检修或更换故障风机，重新校准运行参数以匹配设计标准，加强日常维护与性能监测
28			风阀	不满足功能要求	车辆损伤、人员损伤	立即检修或更换故障风阀，校准启闭精度与控制逻辑以符合设计标准，加强日常维护与启闭性能监测
29		环境亮度	设备完备性	不满足现行规范要求	车辆损伤、人员损伤	升级或更换照明设备以达标，优化亮度过渡段设计，加强设备日常维护与亮度参数监测
30			各段路面平均亮度	不满足现行规范要求	车辆损伤、人员损伤	增设或更换符合标准的照明灯具，优化照明布局与功率配置，重点提升亮度不足路段的照明强度，加强灯具维护与亮度实时监测
31			路面亮度总均匀度	不满足现行规范要求	车辆损伤、人员损伤	调整照明灯具布局与间距，更换适配功率或类型的灯具以平衡亮度分布，加强灯具清洁与角度校准，实时监测亮度均匀度并动态优化
32			路面中线亮度纵向均匀度	不满足现行规范要求	车辆损伤、人员损伤	调整中线区域照明灯具的功率、间距及安装角度，更换老化或适配性不足的灯具，加强中线照明段的清洁与维护，实时监测纵向亮度变化并动态优化
33			照明控制	不具有自动控制、手动控制模式，或功能不正常	车辆损伤、人员损伤	升级或修复控制系统，增设自动控制（如光感联动）与手动控制功能并确保其正常运行，加强系统调试与维护
34			应急照明	主供电断电，不能自动切换到备用供电线路	车辆损伤、人员损伤	检修或更换自动切换装置，测试备用电源与切换逻辑确保可靠联动，加强供电系统日常巡检与应急演练

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
35			灯具安装牢固度	松动	车辆损伤、人员伤亡	立即紧固松动灯具，检查安装固件完整性并更换损坏部件，加强定期巡检与加固维护
36	运营保障	结构安全保障	结构安全监测系统	安全监测系统无法正常运行	结构损坏	立即检修故障组件（如传感器、传输设备、终端系统），更换损坏部件，校准监测参数与数据传输链路，加强系统日常维护与功能测试
37		供电保障	外电源	单回路电源线路供电	车辆损伤、人员伤亡	增设备用电源回路以形成双回路供电，配置自动切换装置确保供电连续性，加强线路维护与监测
38			双电源自动投入装置	未设双电源自动投入装置	车辆损伤、人员伤亡	加装双电源自动投入装置并调试至正常运行，确保主电源故障时能快速自动切换至备用电源，加强装置维护与切换功能测试，保障供电连续性
39			应急电源装置	不符合现行规范要求	车辆损伤、人员伤亡	按规范更换或升级应急电源装置，测试其供电容量、切换时间及持续供电能力以达标，加强装置日常维护与定期充放电检测
40			不间断电源装置	不符合现行规范要求	车辆损伤、人员伤亡	按规范更换或改造该装置，测试其切换时间、供电容量及稳定性以达标，加强日常维护与性能监测
41			隧道电力监控系统	未设隧道电力监控系统	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设电力监控系统，实现对供电设备、线路状态及运行参数的实时监测与远程控制，完善报警与联动功能，加强系统调试与维护
42			电气火灾检测系统	未设电气火灾检测系统	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设电气火灾检测系统，实现对电气线路及设备的温度、漏电等火灾隐患实时监测与预警，联动报警装置，加强系统调试与维护
43			消防水泵巡检系统	未设消防水泵巡检系统	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设该系统，实现对消防水泵运行状态、性能参数的定期自动巡检与故障预警，联动报警及应急启动功能，加强系统调试与维护
44			消防用电设备配电线路末端切换	未设消防用电设备配电线路末端切换	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设末端切换装置，确保主电源故障时能快速切换至备用电源，加强装置调试与切换功能测试
45		通讯保障	隧道全线及洞口覆盖有线广播	未设置或设置但无法使用、使用效果不佳	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设或更换广播设备，优化安装位置与功率配置以提升覆盖效果，检修线路与控制模块确保功能正常，加强日常测试与维护

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
46			隧道内无线调频广播	未设置或设置但无法使用、使用效果不佳	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设或更换适配设备，优化信号覆盖范围与强度，检修传输链路与发射装置确保功能正常，加强日常信号测试与设备维护
47			紧急电话及设置间距	未设置或设置但无法使用、使用效果不佳	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设或更换设备并调整间距，检修线路与通话功能确保畅通，加强日常测试与维护
48			隧道内移动信号强度	无移动信号覆盖	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设信号增强设备，优化信号覆盖方案与传输链路，调试设备确保洞内移动信号稳定覆盖，加强设备维护与信号质量监测
49		消防与救援保障	火灾探测报警	未设置或设置但无法使用、使用效果不佳	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设或更换探测报警设备，优化安装位置与灵敏度参数，检修线路与联动功能确保可靠运行，加强日常测试与维护
50			消防设施	未设置或设置但无法使用、使用效果不佳	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设或更换消防设施（如灭火器、消火栓、水幕系统等），检修管路、压力及联动功能确保正常运行，优化配置位置与数量，加强日常检查与维护
51			人行横通道	不符合现行规范要求	车辆损伤、人员伤亡	按规范改造或重建人行横通道，优化宽度、净空、疏散指示及防火设施，加强通道畅通性与安全性检查维护
52			车行横通道间距	不符合现行规范要求	车辆损伤、人员伤亡	按规范调整或增建车行横通道以满足间距标准，完善通道防火、照明及标识设施，加强通道维护与通行功能检查
53			横通道门防火、防烟	未设置或设置但无法使用、使用效果不佳	车辆损伤、人员伤亡	按规范增设或更换符合防火防烟标准的横通道门，检修启闭功能与密封性能确保有效隔离烟火，加强日常检查与维护
54			隧道类型	水下隧道	结构渗水	强化结构防水、抗水压性能监测与维护，保障通风、排水及应急供电系统可靠运行，完善火灾、透水等应急预案与演练，加强日常巡检与设备检修
55		交通监控保障	拥堵频率	拥堵频率较高	车辆损伤、人员伤亡	优化交通信号与诱导系统，实施车流调控（如限流、错峰），加强实时路况监测与信息发布，增设应急通道并提升事故处理效率
56			隧道监控中心及人员值守	未设置隧道监控中心及人员值守	车辆损伤、人员伤亡	按规范设立监控中心并配备专人值守，完善监控系统对隧道交通、设备及安全状态的实时监测与应急处置功能，建立值守制度与联动机制
57			危险品车通行	无限制通行	车辆损伤、人员伤亡	制定并实施危险品车通行限制措施（如禁行时段、车型限制），加装

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
	58		管理		伤亡	检测与拦截设备，加强入口查验与动态监控，完善应急处置预案
58			摄像机	无，或功能不正常	车辆损伤、人员 伤亡	按规范增设或更换摄像机，检修线路与设备确保成像清晰、监控范围全覆盖，加强日常调试与维护
59			视频事件检测 系统	无，或功能不正常	车辆损伤、人员 伤亡	按规范增设或修复系统，优化算法与检测参数以精准识别事故、拥堵等事件，加强设备调试与联动响应测试
60			车道指示	无，或功能不正常	车辆损伤、人员 伤亡	按规范增设或更换指示设备，检修线路与显示功能确保清晰准确，优化指示逻辑与亮度设置，加强日常检查与维护
61			洞内、洞外可 变情报板	无，或功能不正常	车辆损伤、人员 伤亡	按规范增设或更换设备，检修显示与控制功能确保信息清晰准确，优化发布内容与更新时效，加强日常检查与维护
62			紧急关闭隧道 物理措施	无，或功能不正常	车辆损伤、人员 伤亡	按规范增设或修复关闭设施（如挡车器、道闸），检修启闭机制确保紧急时能快速有效关闭隧道，加强日常测试与维护
63						
	64	交通安全 设施	标志	外力损坏、不符合现行规范要求	车辆损伤、人员 伤亡	及时修复或更换损坏标志，按现行规范调整标志样式、位置及内容，加强标志防护与日常巡检
64			标线	外力损坏、不符合现行规范要求	车辆损伤、人员 伤亡	及时修复或重划损坏标线，按现行规范调整标线样式、尺寸及设置位置，加强标线防护与日常检
65			轮廓标	外力损坏、不符合现行规范要求	车辆损伤、人员 伤亡	及时修复或更换损坏轮廓标，按现行规范调整其安装位置、反光性能及设置密度，加强防护与日常巡检
66			入口防护及过 渡	外力损坏、不符合现行规范要求	车辆损伤、人员 伤亡	及时修复或更换损坏设施，按现行规范优化防护结构、过渡段设计及安全设施配置，加强日常巡检与防护加固
67	运营管理	养护管理	养护管理制度	不符合相关要求	养护不利	依据相关标准修订完善养护管理制度，明确责任分工、流程规范及考核机制，加强制度执行监督与动态优化
68			养护周期	不符合相关要求	养护不利	依据相关标准调整养护周期，明确不同养护项目的频次及时限，加强周期执行监督与动态评估优化，确保养护工作按时合规开展
69			养护记录资料	不符合相关要求	养护不利	按规范补充完善记录内容（如养护项目、时间、结果等），规范记录格式与存档管理，加强资料审核与追溯核查

序号	一级评估指标	二级评估指标		致险因素	可能发生的事 故类型	建议管控措施
70			健康监测系统	不符合相关要求	养护不利	按规范完善系统功能（如结构变形、设备状态等监测），校准监测设备与数据传输机制，规范数据采集、分析及预警流程，加强系统维护与数据应用
71			养护管理单位和人员	不符合相关要求	养护不利	按规定明确具备资质的养护管理单位，配备符合资质与数量要求的专业人员并加强培训考核，完善岗位责任制度
72		交通管理	大件运输车辆通行管理	存在大件运输车辆通行且审批流程不符合规定	养护不利	严格执行大件运输审批制度，规范申请、核查、许可流程，对未经合规审批的车辆予以拦截，加强审批全程监管与责任追溯
73			危化品车辆通行管理	存在危化品车辆通行且审批流程不符合规定	养护不利	严格依据《危险化学品安全管理条例》等法规，明确隧道危化品车辆禁行时段与通行条件，规范申请（涵盖运输危化品种类、时间、路线及目的地等必要性说明）、受理、审查、决定等审批流程，加强入口查验与途中监控，对违规通行车辆依规严惩
74			超载车辆通行管理	存在超载车辆通行且审批流程不符合规定	养护不利	严格执行超载车辆通行审批制度，规范申请、核查（含车辆载重、隧道承载能力评估等）、许可流程，加强入口称重检测与违规拦截，对未经合规审批的超载车辆予以查处
75			隧道养护等施工交通措施管理	未设置	养护不利	按规范制定施工交通组织方案，增设必要的围挡、警示标志、临时照明及导向设施，明确施工区域与通行区域划分，加强现场交通疏导与安全监管
76			交通监控等设施	未设置	养护不利	按规范增设交通监控设施（如摄像机、测速设备等），确保覆盖隧道全路段及关键节点，调试设备功能以实现实时监测与数据传输，加强日常维护
77		应急管理	针对重大突发事件，未编制应急预案		养护不利	按规范编制涵盖火灾、坍塌等场景的应急预案，明确应急组织、响应流程及处置措施，加强预案评审与备案
78			应急预案中无救援方案、应急管理队伍职责权限、处置流程内容		养护不利	补充完善救援具体措施、明确队伍职责权限与事件处置步骤，经评审备案后加强培训演练
79			无应急装备物资和救援设施		养护不利	按规范配备应急装备（如灭火器、破拆工具）、物资（如急救用品）

T/JSCTS XX——20XX

序号	一级评估指标	二级评估指标	致险因素	可能发生的故事类型	建议管控措施
	80				及救援设施（如应急通道、避难所），明确存放位置与管理责任，定期检查补充
80			无应急相应机制	养护不利	按规范建立涵盖预警、接警、处置、恢复等环节的应急响应机制，明确各环节责任主体与操作流程，加强机制演练与动态优化
81			未开展定期开展应急演练	养护不利	按规定制定演练计划，定期组织涵盖不同场景的应急演练，记录评估演练效果并优化改进