



T/CECS G XXXX: 20XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction  
Standardization

公路隧道运行环境安全影响评价规程

Specification for Safety Impact Assessment of Highway Tunnel  
Operating Environment

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization



(空白)

征求意见稿



中国工程建设标准化协会标准

# 公路隧道运行环境安全影响评价规程

Specification for Safety Impact Assessment of Highway Tunnel  
Operating Environment

T/CECS G: DXX-XX-20XX

主编单位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：202X年XX月XX日

人民交通出版社股份有限公司

---

# 北 京

## 前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2017年第二批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2017]031号）的要求，由招商局重庆交通科研设计院有限公司承担《公路隧道运行环境安全影响评价规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

编写组总结提炼了国内公路隧道运营安全管理的工作经验和做法，吸收借鉴了其他国家（地区）的相关技术标准和技术成果，并立足于隧道土建结构、交通工程与附属设施等隧道基础设施的角度，遵循“方法科学、指标合理、技术实用和统筹实施”的原则，对运营安全风险评估的方法、等级与分项技术工作等方面作出了规定。

本规程分为9章和3个附录，主要内容包括：1.总则、2.术语、3.基本规定、4.评估方法、5.风险等级、6.评估准备、7.总体风险评估、8.专项风险评估、9.风险应对措施建议，附录A隧道运营安全风险评估方法适用性、附录B隧道运营安全总体风险评估表、附录C隧道运营风险评估报告格式。

请注意本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由招商局重庆交通科研设计院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路8号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或陈建忠（地址：中国重庆市南岸区学府大道33号；邮编：400067；电子邮箱：chenjianzhong@cmhk.com），以便修订时研用。

**主 编 单 位：**招商局重庆交通科研设计院有限公司

**参 编 单 位：**

**主 编：**

**主要参编人员：**

主 审：

参与审查人员：

参加人员：

征求意见稿

# 目次

<b>1 总则</b> .....	<b>1</b>
<b>2 术语</b> .....	<b>3</b>
<b>3 基本规定</b> .....	<b>5</b>
3.1 评估对象与内容.....	5
3.2 评估启动条件.....	5
3.3 评估流程.....	7
3.4 评估报告.....	8
<b>4 评估方法</b> .....	<b>9</b>
4.1 一般规定.....	9
4.2 实施内容.....	9
<b>5 风险等级</b> .....	<b>13</b>
5.1 一般规定.....	13
5.2 风险分级.....	14
<b>6 评估准备</b> .....	<b>17</b>
<b>7 总体风险评估</b> .....	<b>20</b>
7.1 一般规定.....	20
7.2 致险因素评估.....	20
7.3 保障因素评估.....	26
7.4 总体风险分级.....	34
<b>8 专项风险评估</b> .....	<b>36</b>
8.1 一般规定.....	36
8.2 火灾专项风险评估.....	36
8.3 结构灾害专项风险评估.....	38
8.4 设备失效专项风险评估.....	41
8.5 地质气象灾害专项风险评估.....	43
<b>9 风险应对措施建议</b> .....	<b>46</b>
9.1 一般规定.....	46
9.2 应对措施.....	46
<b>附录 A 隧道运营安全风险评估方法适用性</b> .....	<b>48</b>
<b>附录 B 隧道运营安全总体风险评估表</b> .....	<b>49</b>
附录 B.1 致险因素评估评分表.....	49
附录 B.2 保障因素评估评分表.....	50

附录 C 隧道运营安全风险评估报告格式.....	59
本规程用词用语说明.....	- 1 -

征求意见稿



# 1 总 则

**1.0.1** 为规范公路隧道运营安全风险评估工作，合理评价公路隧道运营安全风险等级，提高公路隧道运营安全管理技术水平，制定本规范。

## 条文说明

近年来，国内外的公路隧道运营安全事故时有发生，公路隧道的运维管理面临严峻挑战，管理人员亟需实时掌握隧道的运营安全风险状况。国际上围绕公路隧道运营安全风险评估已开展了大量基础研究和实践工作，发布了多项技术指南和规范，并趋于成熟；我国在此方向的工作尽管起步相对较晚，但通过业内系列研究和应用，其理论、技术和实际应用均已有一定积累，为制订本规范奠定了基础。

为有效指导公路隧道运营安全风险评估工作，统一技术标准，规范评估流程，最终形成具有可对比、可追溯和有价值的评估结论，合理地评价隧道运营安全风险等级，需要制定本规范。同时，通过安全风险评估，能确定隧道风险源排序与风险等级、进而为提升隧道安全运营水平提供最有效方向，也能为编制隧道基础设施提质升级提供依据，最终实现更具针对性地提高公路隧道安全运营技术水平之目的。

**1.0.2** 本规范适用于高速公路、一级公路的山岭隧道运营安全风险评估。

## 条文说明

水下隧道的土建结构、区域环境与山岭隧道有较大区别，此外由于水下隧道与山岭隧道的横断面布置也存在差异，造成两类隧道的部分交通工程与附属设施对隧道运营安全的影响存在差异。因此，本规范本次制定暂不考虑水下隧道。

**1.0.3** 公路隧道运营安全风险评估应遵循方法科学、指标合理、技术实用和统筹实施的原则。

## 条文说明

风险评估时，一方面需对既有资料进行整理分析，在此基础上再补充开展检测和调查等工作，以获取更多资料；而统筹实施原则，即对上述工作需统筹兼顾。

**1.0.4** 公路隧道运营安全风险评估对象应为土建结构、交通工程与附属设施等隧道内设施，并应考虑交通、环境与管理等外部风险因素对设施运营安全的影响。

## 条文说明

本规范所说的土建结构包括洞口、洞门、衬砌、检修道、排水系统、吊顶及各种预埋件、内装饰、标志、标线、轮廓标等。交通工程与附属设施包括为保证隧道内行车安全所必需的照明、供配电、交通监控与管控、通讯、逃生与救援、通风、

---

火灾自动报警与防火灭火、结构健康监测和应急管理等相关的设施。（前后表述一致）

隧道运营安全会受驾驶人员行为、隧道交通条件变化、外部极端气象地质环境、国家和行业安全要求提高、技术规范修订调整与隧道设施老化劣化等因素的影响，概述为“人-车-隧道-环境-管理”等五大类因素。本规范首先立足于“隧道内设施”的角度开展风险评估，再基于技术层面综合考虑其他外部风险因素的影响。

**1.0.5** 公路隧道运营安全风险评估包括总体风险评估和专项风险评估，应根据隧道服役时间、运营状况和环境条件等因素开展不同类型的风险评估工作。

#### 条文说明

需要结合公路隧道开通运营时间、服役年限、设施技术状况、交通状况、运营灾害和气象地质条件等因素，根据总体风险评估和专项风险评估的启动条件与评估方法，开展不同类型的评估工作。

**1.0.6** 公路隧道运营安全风险评估应积极稳妥采用新理论、新方法、新技术和新设备。

**1.0.7** 公路隧道运营安全风险评估除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 风险 risk

不确定性对目标的影响。

### 2.0.2 风险评估 risk assessment

对在役公路隧道存在的运营安全风险及其影响程度进行综合评估。

### 2.0.3 总体风险评估 overall risk assessment

根据隧道工程特点、技术状况、外部环境、交通条件和应急管理等因素，对公路隧道运营安全的总体风险开展的评估工作。

### 2.0.4 专项风险评估 special risk assessment

针对隧道火灾、隧道结构灾害、设备失效和地质气象灾害等典型事件，对公路隧道运营安全的专项风险开展的评估工作。

### 2.0.5 致险因素 causing risk factor

导致安全风险事件发生、或增加其发生的可能性、或扩大其损失程度、或增大其不良社会影响的潜在原因或条件。

### 2.0.6 保障因素 conducive to safety factor

有利于预防或降低隧道运营安全风险的原因或条件，如通风、照明、交通监控、智能监测和应急管理等。

### 2.0.7 设备失效 equipment failure

隧道机电设施设备失去或降低其规定功能的现象，表现为设备技术性能降低、效率降低，从而影响隧道运营安全。

### 2.0.8 风险识别 risk identification

发现、确认和描述风险的过程。风险识别包括对风险源、事件及其原因和潜在后果的识别。

### 2.0.9 风险源 risk source

可能单独或共同引发风险的内在因素。

### 2.0.10 风险因素 risk factor

导致风险发生的各种主客观的有害因素、危险事件或人员错误行为的统称。

### 2.0.11 风险分析 risk analysis

理解风险性质、确定风险等级的过程。风险分析是风险评价和风险应对决策的基础。

---

**2.0.12 风险评价 risk evaluation**

对比风险分析结果和风险准则，以确定风险和/或其大小是否可以接受或容忍的过程。

**2.0.13 风险接受准则 risk acceptance criteria**

接受某一特定风险的决定。对不同等级安全风险的可接受水平。

**2.0.14 风险应对 risk treatment**

处理风险的过程。针对公路隧道运营安全风险所采取的处置对策、技术方案或措施等，以达到降低风险发生的可能性并减少其不良影响的目的。

**2.0.15 剩余风险 residual risk**

风险应对之后仍然可能存在的风险。

**2.0.16 沟通与咨询 communication and consultation**

风险评估工作时，提供信息、共享信息、获取信息以及与利益相关者展开对话的持续、往复的过程。

征求意见稿

## 3 基本规定

### 3.1 评估对象与内容

3.1.1 公路隧道开展运营安全风险评定时，应以单洞为评估单元。

3.1.2 公路隧道应根据实际运营情况启动总体风险评估、专项风险评估。

#### 条文说明

根据隧道的实际情况，有的隧道只需要开展总体风险评估，有的隧道只需要开展专项风险评估，而部分隧道需要开展总体风险评估和专项风险评估。

3.1.3 公路隧道总体风险评估应包括致险因素评估和保障因素评估。

#### 条文说明

从影响隧道行车安全角度出发，将隧道总体风险因素分为两类：致险因素和保障因素。与隧道行车安全隐患有密切关系的归为致险因素，如交通量、大型车通行比例与不利线形条件等。有利于预防或降低隧道运营安全风险的则归为保障因素，如通风设施、照明设施、交通监控设施和应急管理。

3.1.4 公路隧道专项风险评估可根据需要进行，包括火灾、结构灾害、设备失效和地质气象灾害等典型的风险专项评估。

### 3.2 评估启动条件

3.2.1 总体风险评估的周期应根据隧道实际状态确定，并符合下列规定：

1 公路隧道应在运营通车第3年完成首次总体风险评估。

2 在役公路隧道宜在3年内开展一次评估，最长不得超过6年。

3 评估风险等级为III级的公路隧道宜在2年内开展一次评估，最长不得超过3年。

#### 条文说明

隧道的实际状态包括交通量的变化、是否发生重大或特别重大交通事故、隧道的总体技术状况评定类别和总体风险等级等。

1 隧道通车2年后进行首次风险评估，便于在交通量较为稳定后掌握隧道的运营安全风险状态。

2 随着服役时间增长，隧道机电设施的故障率逐年上升、土建结构病害逐年增加，从而导致养护成本增大、交通事故增多、服务水平下降。参考《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)中关于隧道定检周期的规定，运营安全风险评定的周期可与定检周期一致。

**3.2.2** 在符合下列条件之一时，应启动公路隧道运营安全总体风险评估：

**1** 隧道一年之内发生 2 起较大及以上交通事故，且事故直接原因与隧道土建结构或交通工程及其附属设施相关。

**2** 隧道一年之内发生 5 起及以上事故，且事故直接原因与隧道土建结构或交通工程及其附属设施相关。

**3** 大型车的年交通量较上一年增加 20%以上，且后期交通量不低于本年。

**4** 隧道内大型车或危险货物运输车限制策略发生变化，且导致隧道运营安全风险增大。

**5** 隧道管理单位认为有必要时。

#### 条文说明

当隧道发生交通或环境条件较大变化、交通事故易发频发等情况时，应启动隧道运营安全总体风险评估工作。

**1** 一般事故、较大事故、重大事故和特别重大事故的规定详见国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》(2007 年 6 月 1 日施行)第三条规定。

**3** “年交通量”为评估时的上一自然年的交通量数据，采用自然车辆数 (veh)。

**4** “大型车”根据《公路工程技术标准》(JTG B01)中的相关规定确定。

**5** “危险货物”根据《道路危险货物运输管理规定》(交通运输部令 2023 年第 13 号)中的相关规定确定。

**3.2.3** 在符合下列条件之一时，宜启动火灾专项风险评估：

**1** 隧道内发生较大及以上火灾事故，且事故直接原因与隧道土建结构或交通工程及其附属设施相关。

**2** 隧道总体风险等级 III 级及 III 级以上，且致险因素分项指标中车公里数、车道交通量、大型车车公里数、危险货物运输车辆通行的评分值加权总分大于 39 时。

**3** 隧道内危险货物运输车限制策略发生变化，且导致隧道运营安全风险增大。

**4** 隧道管理单位认为有必要时。

#### 条文说明

发生较大及以上火灾事故后，需要开展火灾专项风险评估，有助于查明火灾事件原因。大型车辆或危险货物运输车辆的隧道火灾的重要风险源，当隧道通行的大型车辆状况发生较大改变时，需要开展火灾专项评估，确定火灾专项风险等级，进一步排查火灾风险源。

**3.2.4** 在符合下列条件之一时，应启动结构灾害专项风险评估：

- 1 隧道土建结构技术状况评定为 4 类且仍处于运行通车状态时。
- 2 隧道土建结构技术状况评定为 3 类，且致险因素土建结构评分值大于 75。
- 3 隧道管理单位认为有必要时。

#### 条文说明

1 隧道土建结构技术状况按照《公路隧道养护技术规范》(JTG H12) 确定，当隧道土建结构技术状况评定类别为 4 类时，应及时采取相关措施。然而，由于技术、经济或社会影响等方面原因，隧道在未实施处治前可能仍然不得不保持运营通行，因此需要针对其重大病害进行相应的专项风险评估。

2 当隧道土建结构技术状况评定类别为 3 类时，土建结构中破损、存在破坏，发展缓慢、可能会发生影响人员及车辆安全的风险事件；当按照条文 7.2.10 土建结构风险分值大于 75 时，需开展结构灾害专项风险评估。

3.2.5 隧道机电设施技术状况评定为 3 类时，宜启动设备失效专项风险评估。

#### 条文说明

隧道机电设施技术状况按照《公路隧道养护技术规范》(JTG H12) 确定，当隧道机电设施技术状况评定类别为 3 类时，机电设施需进行专项工程。然而，由于技术、经济或社会影响等方面原因，隧道在未实施处治前可能仍然不得不保持运营通行，因此需要针对其机电设施进行相应的专项风险评估，为针对性的维修提供对策和依据。

3.2.6 在符合下列条件之一时，应启动地质气象灾害专项风险评估：

- 1 评估周期内隧址区出现过地质气象灾害，且引起隧道结构技术状况评定为 4 类或 5 类。
- 2 隧道因地质气象灾害发生后导致土建结构技术状况评定为 3 类或 4 类。
- 3 隧道管理单位认为有必要时。

#### 条文说明

地质气象灾害具体包括洞口岩石崩塌、洞口山体滑坡，活动断裂、地震等地质灾害以及暴雨水淹、结冰等气象灾害。对于发生过地质气象灾害且造成运营影响，或地质气象灾害后具有运营安全隐患的情形，均应开展专项风险评估。

### 3.3 评估流程

3.3.1 公路隧道运营安全风险评估工作流程如图 3.1.1 所示，并应包括下列内容：

- 1 根据风险评估启动条件判断是否需要开展风险评估，并确定对应的风险评估

类型和方法。

- 2 评估准备。
- 3 根据风险评估结果划定安全风险等级。
- 4 根据风险接受准则建议采取相应风险应对措施，并对可能的剩余风险进行再评估。
- 5 编制风险评估报告。

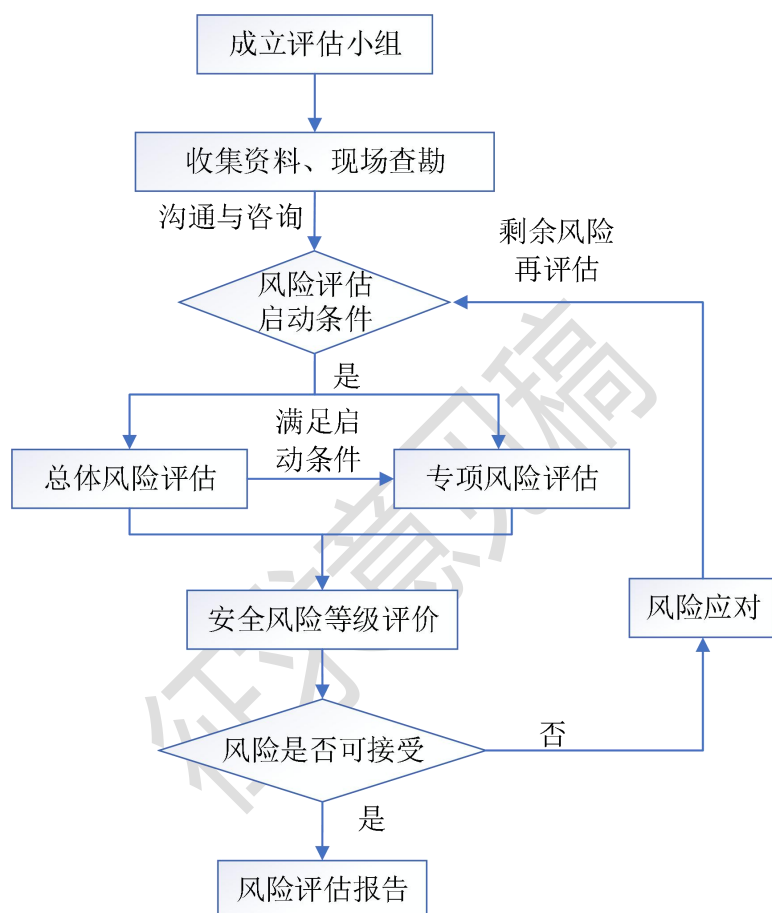


图 3.3.1 公路隧道运营安全风险评估工作流程图

### 3.4 评估报告

3.4.1 公路隧道运营安全风险评估报告内容应全面具体，数据应具有时效性，结论应客观合理。

3.4.2 公路隧道运营安全风险评估报告应包括工程概况、评估目的和依据、风险评估过程与方法、风险评估内容与结论、风险应对措施建议、剩余风险评估以及相关附件。

3.4.3 公路隧道运营安全风险评估报告可作为改善隧道运营安全状况、提升隧道运营安全水平、升级改造隧道基础设施与改善隧道交通管控措施等相关工作的参考依据。

## 4 评估方法

### 4.1 一般规定

4.1.1 隧道运营安全风险评估可采用下列方法：

1 定性评估方法，包括专家调查法、检查表法、专家经验法和专家信心指数法等。

2 定量评估方法，包括指标体系法、层次分析法、场景分析法、统计数据估计法、数值模拟法、试验模拟法、故障树法、事件树法和风险矩阵法等。

4.1.2 隧道运营安全风险评估方法的选取应遵循下列原则：

1 应根据工程特点、评估要求、风险类型以及数据资料情况等，采用定量评估方法、定性评估方法，或两者综合使用。

2 风险事件层次多、数据量充分且可量化估算参数时，宜采用定量评估方法。

3 量化数据量少、工程经验较多时，宜采用定性评估方法。

### 4.2 实施内容

4.2.1 指标体系法可用于总体风险评估，应包括下列内容：

- 1 确定评估指标。
- 2 确定指标分值和权重。
- 3 建立指标体系。
- 4 风险分值计算。
- 5 根据风险接受准则评价风险等级。

#### 条文说明

1 公路隧道运营安全风险评估根据公路隧道的致险因素和保障因素，同时结合公路隧道行业的安全技术状况筛选确定相应指标。

2 根据工程实际情况，确定指标所在分级区间，然后在分级区间的分值范围内，采用插值法等方法专家集体讨论确定，在确定指标所在的分级区间时遵循最不利原则，越不利的情况取值越大，各项评估指标的权重系数采用专家调查法或层次分析法。

3 根据确定的指标和权重，建立指标体系表。

4.2.2 专家调查法可用于评估安全风险发生可能性、发生后果或风险等级，应包括下列内容：

- 1 确定具有相关风险管理经验的专家名单。
- 2 确定安全风险因素与评价类型。
- 3 确定安全风险因素的权重值。
- 4 确定安全风险因素的等级值。
- 5 计算所有安全风险因素的总分。
- 6 根据风险接受准则给出综合风险等级。

## 条文说明

1 根据风险事件类型，挑选具有相关风险管理经验的代表性专家，专家人数一般不宜少于7位，根据风险评估课题的大小最终确定专家名单。

2 在调查基础上，结合专家经验识别出某一特定项目可能遇到的所有风险因素，列出风险调查表。安全风险的评价类型包括评价风险的可能性、风险发生的后果与风险分值，专家调查法可选择其中一种或多种类型进行打分。

3 利用专家经验对可能的风险因素的权重进行评价打分，所有可能因素的权重之和为1。

4 根据专家意见确定各安全风险因素的等级值。

5 将每项风险因素的权数与等级值相乘，求出该项风险因素的得分。

6 经过专家调查法的整个流程，会得到该项目综合所有风险因素的总分。总分越高说明风险越大，根据分值的不同划分可以得到风险分级。

### 4.2.3 层次分析法可用于评估指标的权重，应包括下列内容：

- 1 建立层次结构模型。
- 2 构造同一层次间各因素间的判断矩阵。
- 3 计算判断矩阵的最大特征值和对应的特征向量。
- 4 一致性检验。
- 5 确定因素权重。

## 条文说明

1 划分和选定有关风险因素，建立风险因素分层结构，包括最高层、中间层和最底层。

2 对同一层次中的各个元素进行两两比较，基于专家打分法，对各指标要素的权重进行赋值，构建判断矩阵；判断矩阵的元素  $a_{ij}$  用 Saaty 的 1-9 标度方法给出。为了能够把采集到的主观信息进行统一的量化，在构造各个层次的判断矩阵时采用 1-9 的标度将思维判断数量化来反映多数人的判断能力，保证被比较元素在所考虑的属性上有同一个数量级或比较接近，然后采用两两比较方法构造判断矩阵。

3 求判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$  及对应的特征向量，经归一化计算，得到同一层次相应元素对于上一层次元素相对重要性的排序权值。

4 通过一致性指标  $CI$  ( $CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)$ ) 来检验判断矩阵是否为一致矩阵。查询平均随机一致性指标  $RI$ ，计算一致性比例  $CR$  ( $CR=CI/RI$ )，若一致性指标  $CR<0.1$ ，则通过一致性检验，进入下一环节，不满足时则需要对各指标权重重新赋值。

5 从最高层开始，自上而下的求出各层要素对于总体的综合重要度，并进行一

致性检验。

**4.2.4** 风险矩阵法可用于评估隧道运营安全风险等级，应包括下列内容：

- 1 估计风险发生可能并分级。
- 2 估计风险后果并分级。
- 3 建立风险等级矩阵。
- 4 根据风险发生可能性和后果确定风险等级。

**4.2.5** 事件树法可用于隧道运营安全专项风险发生可能性的评估，应包括下列内容：

- 1 确定初始事件。
- 2 列举后续事件。
- 3 编制事件树。
- 4 定量计算所有事件发生可能性。

#### 条文说明

事件树法是一种按事故发展的时间顺序由初始事件开始推论可能的后果，从而进行危险源辨识的方法。

1 通过专家意见、现场调查、文献搜集及回顾等来确定所有可能事故原因事件。

2 找出与初始事件有关的环节事件，逐一列举由此产生的后续事件。

3 根据这些初始事件和环节事件建造事件树，从左到右编制与展开事件树。

4 根据各分支节点事件的概率，再计算初始事件概率与各分支节点概率之积，求得每个最终事件结果的概率。

**4.2.6** 场景分析法可用于隧道运营安全专项风险发生后果评估，应包括下列内容：

- 1 收集事故案例。
- 2 确定基本流和备选流。
- 3 确定基本流和备选流组合的场景。
- 4 确定场景分析下后果损失。

#### 条文说明

场景分析法的基本思想是将各种不确定因素转换为多个确定因素的组合，每一种组合代表一种场景。通过分不同的场景组合，进而对每一种场景组合的后果进行评估。

根据案例分析结果，确定隧道运营安全风险事件的基本流和备选流。基本流是指按照正确的流程来实现的一条操作路径，在安全隧道运营风险事件中即从初始事件经过正确的控制措施使风险事件得到有效控制的路径。备选流则是会导致风险事件不能有效控制的操作流程。

**4.2.7** 数值模拟法可用于隧道运营安全专项风险评估，应包括下列内容：

- 1 确立风险类型。
- 2 建立场景数值模型。
- 3 选定模型参数。

- 
- 4 计算风险的响应。
  - 5 分析风险发生可能性和后果。

#### 条文说明

- 1 根据研究的问题确定针对性的风险类型，如隧道结构病害或火灾场景等。
- 2 根据确定的风险类型选取合适的软件建立不同场景的数值模型。
- 3 收集特定工况等相关数据资料，选取合适的模型参数。
- 4 选取风险类型特定工况下的响应指标，分析隧道安全风险响应。
- 5 对比不同场景模型下的计算结果，有条件时可采用蒙特卡罗方法，量化风险发生的可能性和发生后果。

**4.2.8** 试验模拟法可用于隧道结构灾害专项风险评估，应包括下列内容：

- 1 确立结构灾害类型。
- 2 建立试验工况。
- 3 设计并制作试验模型。
- 4 实施试验并计算隧道结构力学响应。
- 5 分析结构灾害发生可能性和后果。

**4.2.9** 检查表法可用于隧道地质气象灾害专项风险评估，应包括下列内容：

- 1 梳理地质气象灾害类型。
- 2 确定风险检查表。
- 3 确定风险等级表。

#### 条文说明

检查表法是依据在大量实践经验基础上编制识别危害因素的检查表来进行风险评估的方法。

1 运用检查表法对隧道地质气象灾害进行风险评估时，首先要明确地质气象灾害类型，是属于地质灾害中的洞口岩石崩塌、山体滑坡和活动断裂与地震。

2 还是属于气象灾害中的暴雨水淹和洞口结冰等；接着编制具有评价指标、风险现象描述和风险等级的风险检查表。

3 最后根据现场实际情况对应风险检查表得到相应情况下的风险等级。

## 5 风险等级

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 应根据公路隧道运营安全总体风险分析结果，或火灾、结构灾害、设备失效和地质气象灾害等专项风险分析结果，确定公路隧道运营安全风险等级。

#### 条文说明

开展隧道总体风险和专项风险评估时，在风险评价环节基于风险分析结果，结合风险评估类型和采用的评估方法特征，依据风险分级标准（不同的评估方法所采用的风险分级方法或依据的分级指标可能存在差异），明确隧道运营安全风险等级，以支撑风险控制措施的确定。

**5.1.2** 公路隧道运营安全风险分级应根据风险控制目标，综合考虑隧道风险事件发生的可能性和造成后果的严重程度等因素确定。风险分级标准可采用定量或定性方法，针对具体的风险类型，结合风险控制目标综合确定。

#### 条文说明

隧道运营安全风险是风险事件发生的可能性与严重程度的组合，进行风险等级的划分时应综合考虑风险事件发生的概率和产生后果的严重程度两个因素。风险分级标准的确定与获取数据资料的完整程度、采取的评估方法和评估指标体系均有较大关系。风险分级标准的确定方法与采用的评估方法、评估指标体系有关，针对具体的风险类型，结合风险控制目标的高低，合理确定风险等级阈值。

**5.1.3** 公路隧道运营安全风险等级可采用风险矩阵、指标体系、数值模拟等方法确定。条件受限资料缺少时，可采用专家经验法确定风险等级。

**5.1.4** 公路隧道运营安全风险分为四级，分别用罗马数字IV、III、II、I表示。IV级为高风险、III级为较高风险、II级为中风险、I级为低风险。风险等级由高至低依次用红色、橙色、黄色、绿色表示。

#### 条文说明

结合国内外隧道风险评估情况，保持与设计阶段和施工阶段隧道风险评估等级划分的一致性，公路隧道总体运营安全风险和专项运营安全风险均按四级进行划分。根据《公路水路行业安全生产风险管理暂行办法》规定，本规范风险等级由高到低依次分为高、较高、中和低四个等级。

**5.1.5** 公路隧道运营安全风险接受准则，应按表 5.1.5 的规定确定。其中III级风险还应按以下规定确定接受准则：

表 5.1.5 公路隧道运营安全风险接受准则

风险等级	风险等级描述	风险接受准则
IV级	高风险	不可接受
III级	较高风险	有条件接受或不可接受

II 级	中风险	可容许
I 级	低风险	可忽略

1 专项风险评估风险等级为III级时，为不可接受风险。

2 总体风险评估风险等级为III级，且致险因素分值大于等于 0.9 或存在 3.2.2 条第 1、2 款中任意一款情形时，为不可接受风险。

#### 条文说明

无论是总体风险还是专项风险，风险控制策略和控制措施的选取与风险可接受准则的确定密切相关。风险接受准则直接影响风险控制的成本开销。我国幅员辽阔，区域间经济水平和隧道运行环境特征差异大，隧道在路网中的重要程度和社会影响也存在一定差异，对于III级风险采用最低合理可行原则（As low as reasonably possible, ALARP）或最低合理可实现原则（As low as reasonably achievable, ALARA）确定风险是否可接受。

对于III级风险，给出了判定为不可接受风险的几个条件。其中，对于火灾、结构灾害、设备失效、地质气象灾害等专项风险评估，结合专项风险评估启动条件，若评估风险等级为III级时为不可接受风险，需立即采取应对措施。对于总体风险评估，采用第 7 章给出的指标体系法进行评估，包括致险因素评估和保障因素评估两个部分。致险因素评估表征了隧道运营过程中面临的不利安全因素对运营安全的影响程度，致险因素分值越高，面临的风险越大，超过 0.9 时，为不可接受风险。总体风险评估等级为III级，并且同时存在事故多发情况时，也为不可接受风险。

## 5.2 风险分级

5.2.1 公路隧道运营安全专项风险评估风险事件发生的可能性可采用风险事件发生的历史数据调查、事故树和事件树预测或专家经验法等方法确定。隧道运营安全风险事件发生可能性分为 5 级，分级标准宜按表 5.2.1 的规定确定。

表 5.2.1 公路隧道运营安全风险事件发生可能性分级

风险事件可能性等级	定量标准	定性标准
5	$\geq 0.3$	频繁发生
4	$\geq 0.03$ 且 $< 0.3$	可能发生
3	$\geq 0.003$ 且 $< 0.03$	偶尔发生
2	$\geq 0.0003$ 且 $< 0.003$	很少发生
1	$< 0.0003$	几乎不可能发生

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。

#### 条文说明

风险事件发生的可能性可以采用隧道历史风险事件（如交通事故等）每年或每公里发生的次数等指标（如万车公里事故率、百万车公里事故率等），或者利用故障树和事件树来预测风险事件发生的概率。专家经验估计也是一种重要的方法，选择具有隧道运营安全经验的专家，通过提供隧道线形设计指标、交通特性、机电设施配置和使用性能、交通事故情况、土建结构情况和日常运维情况等信息，采用德尔菲法、层次分析法等手段获取专家经验。ITA 发布的《Guidelines for Tunneling Risk Management》规定了隧道风险损失发生概率的定性和定量标准，以 1~5 级取值，本条文在参考 ITA 规定的基础上给出了隧道运营安全风险事件可能性分级标准。

**5.2.2** 公路隧道运营安全专项风险评估风险事件后果可采用场景分析法确定，根据单次风险事件导致的伤亡人数、直接经济损失等指标计算。隧道运营安全风险事件后果分为 4 级，分级标准宜按表 5.2.2 的规定确定。当多种后果同时存在时，应采用就高原则确定风险事件后果等级。

**表 5.2.2 公路隧道运营安全风险事件后果分级**

风险事件后果等级	人员伤亡分级标准	直接经济损失分级标准
特别重大	30 人以上人员死亡（含失踪）或 100 人以上重伤	1 亿元以上
重大	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 1 亿元以下
较大	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
一般	3 人以下死亡（含失踪）或 10 人以下重伤	1000 万元以下

注：表中所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。

#### 条文说明

风险事件后果采用隧道历史风险事件导致的重伤或死亡人数、经济财产损失等指标。后果分级采用历史风险事件在人员伤亡、经济损失方面的数据进行统计分析或结合专家调查等方法确定。

参照《生产安全事故报告和调查处理条例》（中华人民共和国国务院令 493 号）和《公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南》相关规定，提出了风险事件导致的人员伤亡、经济损失和环境影响的分级标准。

**5.2.3** 隧道运营安全风险等级宜采用风险矩阵法确定，依据风险事件发生的可能性和后果分级，确定风险等级，如表 5.2.3。

**表 5.2.3 公路隧道运营安全风险矩阵分级**

风险等级	风险事件后果等级			
	一般	较大	重大	特别重大

风险事件 可能性等级	1	I	I	II	II
	2	I	II	II	III
	3	II	II	III	III
	4	II	III	III	IV
	5	III	III	IV	IV

**5.2.4** 条件受限资料缺少时，隧道运营安全风险可采用专家经验法确定风险等级。

**5.2.5** 公路隧道运营安全总体风险分级标准应综合考虑隧道运营特征、路线指标、交通工程与附属设施设置和使用性能、运营管理等因素确定。

**5.2.6** 公路隧道运营安全专项风险分级标准应综合考虑专项评估对象特征，结合区域内隧道总体运营情况等因素综合确定。

#### 条文说明

公路隧道专项风险评估主要包括火灾、结构灾害、设备失效和地质气象灾害几类。各专项风险评估采用的评估指标存在一定差异，确定各专项风险分级标准时，根据前述风险等级确定原则，结合专项评估采用的评估方法，综合考虑国内隧道相关规范相关指标要求，对隧道通行安全和结构安全的影响等因素，确定针对性的风险分级标准。

## 6 评估准备

**6.0.1** 评估准备应包括下列内容：

- 1 成立风险评估小组。
- 2 制定风险评估方案。
- 3 收集资料。
- 4 进行现场查勘，必要时开展检测或试验工作。
- 5 沟通与咨询。

**6.0.2** 风险评估小组应由经验丰富的专业人员组成。

### 条文说明

公路隧道运营安全涉及隧道土建结构、交通工程与附属设施等多种设施和专业，故风险评估工作需要由对应专业且经验丰富的人员组成评估小组。一般情况下需要委托专业的机构实施风险评估工作。

**6.0.3** 风险评估方案应包括下列内容：

- 1 小组组织，包括组织结构、分工等。
- 2 工作计划，包括工作内容、工作形式、进度计划、工作成果等。

### 条文说明

公路隧道运营安全风险评估方案目的是为风险评估实施活动提供一个总体计划，用于指导风险评估小组开展后续工作。

**6.0.4** 收集资料应包括下列内容：

- 1 隧道勘察、设计资料。
- 2 隧道交竣工验收的相关资料。
- 3 隧道两端接线道路 3km 范围内的路线平纵设计资料。
- 4 隧道日常检查、养护维修、检测、监测资料。
- 5 隧道交通量相关资料，包括年平均交通量、日平均交通量、大型车年平均交通量等。
- 6 气象相关资料。
- 7 运营安全事故统计、应急管理、危险货物运输车辆通行限制情况等相关资料。
- 8 隧道管理模式，可能存在业务联系或影响的相关部门与第三方等信息。
- 9 其他与评估相关的资料。

## 条文说明

进行公路隧道运营安全风险评估时要掌握评估隧道相关的和最新的信息，必要时，需要包括适用的背景信息。

1~2 通常需要收集评估隧道的工程地质勘察资料，土建结构和交通工程与附属设施设计资料。建设期间有关隧道的工程地质勘察资料、设计文件和竣工资料是运营安全风险评估的重要依据，故要求收集齐全。

3 由调研资料可知，处于长下坡或长下坡影响段的隧道交通事故率较高，故要求收集评估隧道两端接线道路 3km 范围内的路线平纵设计资料，进而以判断隧道是否位于连续长下坡路段内。

4 运营期间有关隧道的日常检查、养护维修、检测、监测资料是运营安全风险评估的重要依据和数据来源，故要求收集齐全。

通过收集隧道的日常检查和养护维修资料，可以及时了解被评估隧道土建结构和交通工程与附属设施历史的或评估周期内的技术状况。主要包括检查及评定资料、保养维修资料。

通过收集隧道的检测和监测资料，可以及时掌握被评估隧道历史的或评估周期内的结构病害的发展情况或设施的运行状况。主要包括检测和监测方案、历史数据及相关报告。

5 交通量是运营安全风险评估的重要参数。隧道投入运营后的交通量及车型比例通常是按实际通行的各类车型进行统计，为便于计算各类车型的数量及比例，根据《公路工程技术标准》(JTG B01)规定的交通量换算采用小客车为标准车型，车辆折算系数按《公路工程技术标准》(JTG B01)规定进行取值。

6 通过收集隧道的运营安全事故资料，可以及时了解被评估隧道历来的运营安全事故及事故发生率，通过分析运营安全事故案例，进一步识别隧道运营安全事故的诱因及隧道风险源。

通过收集隧道的应急管理资料，可以了解被评估隧道管理单位的应急管理水平 and 措施。主要包括应急预案、应急演练、应急装备、应急处置、应急管理手段等。

7 通过收集隧道的管理模式资料和关联信息，可了解隧道管养资金来源。

### 6.0.5 现场查勘应符合下列规定：

- 1 土建结构查勘项目宜包括洞口、洞门、衬砌、路面、排水等设施。
- 2 交通工程与附属设施查勘项目宜包括照明、供配电、交通监控与管控、通

风、消防、应急救援等设施。

**3** 应根据评估要求、结合收集的资料开展现场查勘工作。

#### 条文说明

每座隧道由于不同自然环境的影响以及服役后运营环境的变化，其风险源不尽相同。例如每座隧道所发生的结构破损情况和设施状况都是不一样的。因此，在开展隧道运营安全风险评估工作时有必要对隧道现场进行查勘。通过查勘可初步了解土建结构缺损、病害或其它异常情况，以及隧道交通工程与附属设施是否处在正常工作状态和是否存在故障。

隧道内部分设施的状况需要通过检测才能掌握详细情况。土建结构需要检测的内容包括：隧道衬砌破损情况、洞内排水设施的缺损情况、路面的损坏情况等；交通工程与附属设施需要检测的内容包括：路面平均亮度、亮度纵向均匀性、侧墙平均亮度、通风风速等。

**6.0.6** 对于需要进一步查明土建结构缺损或病害、交通工程与附属设施状况的隧道，应开展专门的检测、试验与分析等工作。

**6.0.7** 在评估准备过程中，风险评估小组成员应与运营管理人员进行沟通与咨询，全面了解隧道运营环境和状况。

#### 条文说明

风险评估小组成员按照实事求是的原则与运营管理人员等相关单位进行沟通与咨询了解运营管理单位的组织结构、隧道管养模式、管养资金来源、近年来隧道运营状况等内外部环境信息，弥补通过资料分析和现场查勘等手段不能获取的真实、实际信息的缺失。

---

## 7 总体风险评估

### 7.1 一般规定

7.1.1 公路隧道运营安全总体风险评估应考虑隧道技术状况、外部环境、交通条件和应急管理等因素。

7.1.2 总体风险评估宜采用指标体系法，且评估时应符合下列规定：

- 1 应根据公路隧道行业的安全技术水平筛选确定相应指标。
- 2 风险评估指标应确定权重，权重系数可采用专家经验法、层次分析法等。
- 3 应根据公路隧道致险因素和保障因素，提出评估指标体系。
- 4 评价项目有缺项时，其缺项评价项目满足现行规范要求的指标宜得满分。

#### 条文说明

总体风险评估的指标及其体系，综合考虑国家安全法律法规的更新、行业技术规范的修订、隧道的安全技术状况、隧道的事故库与案例以及相关安全技术的进步等因素，适时进行动态修正与调整。

1 从影响隧道行车安全角度出发，将隧道总体风险评估指标分为两类：致险因素和保障因素。

7.1.3 总体风险评估应按下列步骤进行：

- 1 开展致险因素指标的评价，得到致险因子值。
- 2 开展保障因素指标的评价，得到保障因子值。
- 3 对照总体风险分级矩阵，确定总体风险等级。

7.1.4 在评估周期内，当公路隧道的总体技术状况为4类或5类时，开展总体风险评估前应完成整改。

#### 条文说明

依据《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)，养护检测单位会根据其定检等相关结果评定公路隧道的技术状况等级。当隧道的总体技术状况被评定为4类或5类时，此类隧道已不满足正常运营的基本要求；4类需尽快实施结构病害处治措施，对机电设施进行专项工程；5类隧道需及时关闭隧道，实施病害处治，特殊情况需进行局部重建或改建。

### 7.2 致险因素评估

7.2.1 公路隧道致险因素应根据隧道实际情况确定，包括隧道重要度、车公里数、车道交通量、大型车公里数、危险货物运输车辆通行限制情况、路面条件、隧道线形、土建结构和其他风险等指标。致险因素评分表格可按本规范附录B.1的规定执行。

**条文说明**

公路隧道运营安全总体风险的致险因素在指标分类的基础上，再根据各指标的具体情况进行评估。一般而言，土建结构还包括路面，由于本规范将路面单独提出。

**7.2.2 公路隧道致险因子计算应符合下列规定：**

**1 致险因子应按式（7.2.2）计算：**

$$ZX = \begin{cases} \frac{2}{375} \times \sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i + 0.6, & (\sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i \leq 75) \\ 1, & (\sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i > 75) \end{cases} \quad (7.2.2)$$

式中：ZX——致险因子；

$Z_i$ ——公路隧道致险因素评估指标的分值；

$\gamma_i$ ——公路隧道致险因素评估指标的权重（%）；

$\sum_{i=1}^n \gamma_i Z_i$ ——各致险因素总分值。

**2 公路隧道致险因素评估指标及其相对权重宜按表 7.2.2 的规定确定。**

**表 7.2.2 公路隧道致险因素评估指标及其相对权重**

i	$Z_i$	$\gamma_i$
1	隧道重要度	8
2	车公里数	16
3	车道交通量	10
4	大型车公里数	16
5	危险货物运输车辆通行限制情况	10
6	路面条件	10
7	隧道线形	10
8	土建结构	8
9	其他风险	12

**条文说明**

1 该公式系根据我国公路隧道运营安全的实际情况并借鉴欧洲 EuroTAP（European Tunnel Assessment Program）的相关成果综合拟定。

2 各项权重系结合隧道事故调查、编制组调研和专家调查等综合确定。

**7.2.3 隧道重要度评价指标宜按表 7.2.3 的规定确定。**

**表 7.2.3 隧道重要度评价指标**

评价指标	定性定量指标	分值
隧道重要度	一级公路用作集散公路	50

	一级公路用作干线功能	60
	地方高速公路网	80
	国家高速公路网	100

7.2.4 车公里数风险评价指标宜按表 7.2.4 的规定确定。

表 7.2.4 车公里数评价指标

评价指标	定性定量指标 (单位: 百万车公里/年)	分值
车公里数	[0, 2)	10
	[2, 5)	20
	[5, 10)	30
	[10, 15)	40
	[15, 20)	50
	[20, 30)	60
	[30, 40)	70
	[40, 50)	80
	[50, 70)	90
[70, ∞)	100	

条文说明

车公里数代表车辆使用隧道的总里程数, 由交通量和隧道长度共同决定, 综合反应公路隧道的使用情况。交通量越大, 隧道内车辆之间相互影响的频率增加, 事故发生的概率也随之增大; 隧道越长越不利于救援疏散与通风排烟, 容易引发二次事故。交通量采用自然车辆数 (单位为 veh), 通常采用评估前一个自然年的交通量; 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。

7.2.5 车道交通量评价指标宜按表 7.2.5 的规定确定。

表 7.2.5 车道交通量评价指标

评价指标	定性定量指标 (单位: pcu/d·ln)	分值
车道交通量	[0, 2000)	10
	[2000, 4000)	20
	[4000, 8000)	40
	[8000, 15000)	60
	[15000, 25000)	80
	[25000, ∞)	100

条文说明

车道交通量指每车道年平均日交通量。交通量折合成当量小客车 (单位为 pcu)。参考 EURO TAP 中关于单车道日交通量的评价标准以及《公路工程技术标准》(JTG B01) 综合确定。

7.2.6 大型车公里数评价指标宜按表 7.2.6 的规定确定。

表 7.2.6 大型车公里数评价指标

评价指标	定性定量指标 (单位: 百万车公里/年)	分值
大型车 公里数	[0, 1)	10
	[1, 2)	20
	[2, 5)	30
	[5, 10)	40
	[10, 15)	50
	[15, 20)	60
	[20, 25)	70
	[25, 30)	80
	[30, 35)	90
[35, ∞)	100	

条文说明

交通量采用自然车辆数 (单位为 veh), 取值参考 7.2.4 条文说明。大型车指的是载质量大于 7 吨的货车, 以及超过 40 座的客车。

7.2.7 危险货物运输车辆通行限制情况风险评价指标宜按表 7.2.7 的规定确定。

表 7.2.7 危险货物运输车辆通行限制情况风险评价指标

评价指标	定性定量指标	分值	
危险货物运输 车辆通行	不允许通行	0	
	有管制的 通行	专车押行限制通行方式	20
		采用限时间段、限车道、限车速其中任意两种方式	30
		采用限时间段、限车道、限车速其中任意一种方式	50
	自由通行	100	

条文说明

若公路隧道允许危险货物运输车辆通行, 当发生的运营安全事故牵涉危险货物运输车辆时, 产生危险品泄漏和火灾等严重事故的概率将会增加。

7.2.8 路面条件风险评价指标宜按表 7.2.8 的规定确定。路面条件的分值应为各分项分值之和。

表 7.2.8 路面条件风险评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	分值
路面条件	路面类型	沥青路面	0
		水泥混凝土路面	30

	路面损坏状况指数 (PCI)	[90, 100]	0
		[80, 90)	2
		[70, 80)	5
		[60, 70)	7
		[0, 60)	10
	路面跳车指数 (PBI)	[90, 100]	0
		[80, 90)	2
		[70, 80)	5
		[60, 70)	7
		[0, 60)	10
	路面抗滑性能指数 (SRI)	[90, 100]	0
		[80, 90)	8
		[70, 80)	15
		[60, 70)	30
		[0, 60)	50

#### 条文说明

公路隧道路面条件风险主要体现路面平整情况与通行条件，是决定隧道服务质量的重要因素。路面损坏、平整度、磨损、跳车、抗滑性能是路面技术状况评定的关键，选取与运营安全关系密切的路面损坏状况指数 (PCI)、路面跳车指数 (PBI)、路面抗滑性能指数 (SRI) 作为评价指标。相关指数求取参考《公路技术状况评定标准》(JTG 5210)。

7.2.9 隧道线形评价指标宜按表 7.2.9 的规定确定。

表 7.2.9 隧道线形评价指标

评价指标	定性定量指标	分值
隧道线形	其它	0
	非连续长下坡、但纵坡大于 3%，且为平面曲线	20
	连续长下坡，且无平面曲线	50
	连续长下坡，且存在平面曲线，曲线半径不小于一般值	80
	连续长下坡，且存在平面曲线，曲线半径小于一般值	100

注：“连续长下坡”是指隧道位于连续的长下坡路段，或连续长下坡路段的终点距隧道行车方向进口小于 6s 行程。

#### 条文说明

连续长下坡可参照《公路路线设计规范》(JTG D20-2017) 8.3 节的相关规定确定，或被运营单位视为“连续长下坡”的路段。平面曲线一般值参照《公路路线设计规范》(JTG D20-2017) 表 7.3.2 确定。隧道是否处于“连续长下坡”影响段判定过程中，考虑到洞口影响段为 3s 行程，从风险角度，此处取定为 6s 行程。

7.2.10 土建结构风险评价指标宜按表 7.2.10 的规定确定。土建结构的分值应为各分项分值之和；当任一分项指标技术状况值为 3、4 级时，土建结构的分值直接定为 100。

表 7.2.10 土建结构风险评价指标

评价指标	分项指标	技术状况值	风险分值
土建结构	洞口	1、0	0
		2	18
	洞门	1、0	0
		2	6
	衬砌	1、0	0
		2	47
	检修道	1、0	0
		2	2
	排水系统	1、0	0
		2	7
	吊顶及各种预埋件	1、0	0
		2	12
	内装饰	1、0	0
		2	2
	标志、标线、轮廓标	1、0	0
		2	6

注：1 洞口、洞门、衬砌、检修道、排水系统、吊顶及各种预埋件、内装饰、标志、标线、轮廓标按照《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）分别进行评定。

2 土建结构技术状况评定时，若定期检查数据满足《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）要求，则技术状况评定时可直接引用相关结果。

条文说明

良好的公路隧道土建结构是其交通运输功能充分发挥的基础，也是其运营安全的重要保障。土建结构风险分值权重参照《公路隧道养护技术规范》（JTG H12-2015）中表 4.5.4-1 取定。

7.2.11 其他风险评价指标宜按表 7.2.11 的规定确定。其他风险的分值应为各分项分值之和。

表 7.2.11 其他风险评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	风险分值
其他风险	拥堵情况	不拥堵	0
		偶尔拥堵	10
		早晚高峰时段拥堵	20
		常态性的拥堵	30
	气象、地质灾害	近一年内发生 2 次及以上	50
	相邻隧道	进口纵向间距小于 6s 设计速度行程长度的相邻隧道	20

注：1 气象灾害指暴雨水淹、洞口路面结冰、能见度低于 50 m 等。

2 地质灾害指洞口岩石崩塌、山体滑坡，隧道活动断裂、地震。

### 7.3 保障因素评估

7.3.1 公路隧道保障因素应包括照明设施、供配电设施、交通监控与管控设施、通信设施、逃生与救援设施、通风设施、火灾自动报警与防火灭火设施、结构健康监测系统和应急管理 etc 评估指标。保障因素评分表格见可按本规范附录 B.2 的规定执行。

#### 条文说明

公路隧道运营安全总体风险保障因素的评估指标在指标分类的基础上，再根据各指标的具体情况进行评估。

7.3.2 公路隧道保障因子计算应符合下列规定：

1 保障因子应按式（7.3.2）计算：

$$BZ = \sum \lambda_j * B_j \quad (7.3.2)$$

式中：BZ——保障因子；

$B_j$ ——公路隧道保障因素评估指标的分值；

$\lambda_j$ ——公路隧道保障因素评估指标的权重（%）。

2 公路隧道保障因素评估指标及其相对权重宜按表 7.3.2 的规定确定。

表 7.3.2 公路隧道保障因素评估指标及其相对权重

j	$B_j$	$\lambda_j$
1	照明设施	9
2	供配电设施	11
3	交通监控与管控设施	12
4	通信设施	4
5	逃生与救援设施	16
6	通风设施	10
7	火灾自动报警与防火灭火设施	19
8	结构健康监测系统	7
9	应急管理	12

3 当保障因素任一评估指标的技术状况为 3 类时，其指标分值应为零分。

#### 条文说明

3 交通工程及附属设施技术状况评定时，若定期检查数据满足《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）要求，则技术状况评定时可直接引用相关结果。

7.3.3 照明设施评价指标宜按表 7.3.3 的规定确定。

表 7.3.3 照明设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	分值
------	------	--------	----

照明设施	基本指标		
	路面平均亮度	满足规范要求	30
		不满足规范要求	0
	亮度纵向均匀性	满足规范要求	15
		不满足规范要求	0
	隧道两侧墙壁 2 米高范围内平均亮度	满足规范要求	15
		不满足规范要求	0
	应急照明	满足规范要求	15
		不满足规范要求	0
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超过则按 25 分计)		
	引道照明	有洞外引道照明	5
		无洞外引道照明	0
	隧道两侧 2 米高范围内墙面反射系数	反射系数大于等于 0.7	5
		反射系数小于 0.7	0
	有源诱导标	有(且正常工作)	5
		无	0
	灯具清洁	灯具干净、整洁	5
		明显集灰及油污	0
	照明智能调光系统	有	10
		无	0
	动态功能性检测装置	有	5
		无	0

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

7.3.4 供配电设施评价指标宜按表 7.3.4 的规定确定。

表 7.3.4 供配电设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	分值
供配电设施	基本指标		
	高压供电外线	满足规范要求	25
		不满足规范要求	0
	应急电源装置 (EPS)	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	不间断电源装置 (UPS)	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	配电变压器	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	隧道低压配电系统	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	隧道电力监控系统	满足规范要求	10

		不满足规范要求	0
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超过则按 25 分计)		
双电源自动投入装置	有		10
	无		0
电气火灾检测系统	有		10
	无		0
消防水泵巡检系统	有		5
	无		0
自备发电设备	有		10
	无		0
消防用电设备配电线路 末端切换	有		5
	无		0

注: 表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

7.3.5 交通监控与管控设施评价指标应按表 7.3.5 的规定确定。

表 7.3.5 交通监控与管控设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	分值
交通监控 与管控设 施	基本指标		
	危险货物运输车辆通行 管理	有限制通行措施	10
		自由通行	0
	视频事件检测系统	满足规范要求	15
		不满足规范要求	0
	隧道摄像机	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	交通信号灯	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	车道指示器	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	可变信息标志	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	标志、标线、轮廓标	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	附加指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超, 则按 25 分计)		
	拥堵状态实时监测系统	有	10
		无	0
隧道洞口人员值守	有	10	
	无	0	
统一监控软件平台	有	5	
	无	0	

	洞口智能交通管控措施	有	10
		无	0
	卡口测速系统	有	5
		无	0

注：1表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。2“洞口智能交通管控措施”是指能够远程控制自动关闭隧道的措施，例如“电动栏杆”、“柔性阻挡”等。

#### 条文说明

洞口智能交通管控措施分为柔性和刚性两类。柔性交通管控设施包括：水幕、水雾、气幕或光幕等，即使车辆撞上管控设施，不会造成碰撞伤害。刚性交通管控设施包括：栏杆、卷帘、路障等，车辆撞上管控设施，会造成碰撞伤害。

7.3.6 通信设施评价指标应按表 7.3.6 的规定确定。

表 7.3.6 通信设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	分值
通讯设施	基本指标		
	隧道有线广播	满足规范要求	45
		不满足规范要求	0
	紧急电话设施	满足规范要求	30
		不满足规范要求	0
	提升指标		
	隧道内无线调频广播	有	10
		无	0
	隧道内移动信号强度	所有运营商均覆盖	15
		两个运营商覆盖	5
无移动信号覆盖		0	

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

7.3.7 逃生与救援设施评价指标宜按表 7.3.7 的规定确定。

表 7.3.7 逃生与救援设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
逃生与救援设施	基本指标		
	紧急停车带	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	人行横通道	满足规范要求	15
		不满足规范要求	0
	人行横通道间距	间距 $\leq 250\text{m}$	15
		250m<间距 $\leq 350\text{m}$ ，取线性插值	(11.25, 15)
		间距=350m	11.25

		间距>350m时	0
车行横通道		满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
车行横通道间距		间距≤750m	15
		750m<间距≤1000m, 取线性插值	(11.25, 15)
		间距=1000m	11.25
		间距>1000m时	0
隧道洞口联络通道		满足规范要求	5
		不满足规范要求	0
疏散指示标志		满足规范要求	5
		不满足规范要求	0
提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过25分, 如超过则按25分计)			
人行横通道间距		最大间距≤200m	10
车行横通道间距		最大间距≤600m	5
显著的横通道指示标志		有	5
		无	0
疏散指示标志性能优化		有	5
		无	0
疏散智能引导装备		有	5
		无	0

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

### 条文说明

人行横通道分项指标包括人行横通道宽度，防火门安装方式、耐火性能等指标。车行横通道分项指标包括车行横通道宽度，防火卷帘耐火性能、控制方式等指标。疏散指示标志分项指标包括疏散指示标志间距、亮度、版面设计等指标。

常规横通道指示标志版面较小，在正常运营或火灾烟雾影响时指示效果均不佳，可通过在横通道门两侧墙面喷涂指示标志加强日常宣传，通过加大横通道指示标志版面、增加亮度、声光提示装置或LED诱导箭头标等方式，加强火灾情况下的指示效果。

疏散指示标志性能优化可采用加密设置间距（≤25m）或疏散智能引导装备（根据事故发生位置智能调整诱导方案）等措施。

7.3.8 通风设施评价指标宜按表 7.3.8 的规定确定。

表 7.3.8 通风设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
通风设施	基本指标		
	通风环境监测设施	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	隧道纵向风向可控	可控制	10
		不可控制	0

	隧道纵向风速可控	可控制	15	
		不可控制	0	
	隧道排烟风机性能	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	通风运行技术方案	满足规范要求	20	
		不满足规范要求	0	
	排烟射流风机逆向运行	双向排烟射流风机	10	
		单向排烟射流风机	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超过则按 25 分计)			
	火灾排烟策略	具有可操作性的火灾排烟策略	10	
		无火灾排烟策略	0	
	火灾排烟演练	定期开展演练	5	
		不定期或未开展演练	0	
	变频通风智能控制系统	有	10	
		无	0	
	风机性能监测系统	有	5	
无		0		
通风设施性能评估	通风能力满足设计要求	10		
	不满足	0		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

### 条文说明

“火灾排烟策略”是指为控制隧道火灾烟雾扩散而制定的排烟控制策略，通常包括控制风速、风向、风机开启数量等。“风机性能监测系统”是指监测风机性能的设施。“通风设施性能评估”是指针对在役隧道风机、风/烟阀（如有）等通风设施当前的性能状态，结合隧道运营环境，开展性能评估，以判断通风设施当前的性能状态能否设计要求。

7.3.9 火灾自动报警与防火灭火设施评价指标宜按表 7.3.9 的规定确定。

表 7.3.9 火灾自动报警与防火灭火设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
火灾自动报警与灭火设施	基本指标		
	火灾自动报警系统	满足规范要求	20
		不满足规范要求	0
	火灾声光报警器	满足规范要求	5
		不满足规范要求	0
	手动报警按钮	满足规范要求	5
		不满足规范要求	0
	灭火器	满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
	消火栓系统	满足规范要求	20

		不满足规范要求	0
固定式水成膜泡沫灭火装置		满足规范要求	10
		不满足规范要求	0
气体灭火系统		满足规范要求	5
		不满足规范要求	0
提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超过则按 25 分计)			
两套独立火灾探测器		不少于两套	15
		少于两套	0
智能火灾监测系统		有	5
		无	0
泡沫水喷淋系统		有	5
		无	0
主体结构防火		有	5
		无	0

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

#### 条文说明

智能火灾监测系统具有智能判断火灾发生位置、着火车辆类型、预测火灾规模等功能。

7.3.10 结构健康监测设施评价指标宜按表 7.3.10 的规定确定。

表 7.3.10 结构健康监测设施评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	
结构健康监测与监测	基本指标			
	日常巡查合规		满足规范要求	15
			不满足规范要求	0
	清洁合规		满足规范要求	15
			不满足规范要求	0
	经常检查合规		满足规范要求	15
			不满足规范要求	0
	定期检查合规		满足规范要求	10
			不满足规范要求	0
	应急检查合规		满足规范要求	10
			不满足规范要求	0
	专项检查合规		满足规范要求	10
			不满足规范要求	0
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超过则按 25 分计)			
	监测项目完整		完整	10
			较完整	5
		较多缺失	0	
布设测点覆盖重大结		全覆盖	5	

	构病害或隐患部位	未全覆盖	0
	精度满足相关规范要求	满足规范要求	5
		不满足规范要求	0
	采用自动监测装备,监测数据自动采集	是	5
		否	0
	监测数据具自动分析预警功能	有	5
无		0	

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

#### 条文说明

日常巡查、清洁、经常检查、定期检查、应急检查、专项检查等规定参照《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)确定,监测项目、测点布设、监测方法、监测数据自动采集、监测数据分析预警等规定参照《在役公路隧道长期监测技术指南》(T/CHTS 10021)或相关行业技术规范确定。

7.3.11 应急管理评价指标应按表 7.3.11 的规定确定。

表 7.3.11 应急管理评价指标

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值
应急管理	基本指标		
	应急救援预案	预案详实,可操作性强	25
		可操作性一般	18
		可操作性差或无	0
	应急设施联动控制	有	10
		无	0
	定期应急演练	周期不大于 1 年	25
		周期 1~3 年	18
		周期>3 年	0
	救援人员的定期培训	周期不大于 1 年	15
		周期 1~3 年	10
		周期>3 年	0
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分,如超过则按 25 分计)		
	应急处置系统	功能完善	10
		部分功能	5
		无	0
	应急救援站	有	5
无		0	
应急救援队抵达火场时间	不大于 5min	5	
	5~10min	3	
	大于 10min	0	

专用救援车辆	装备齐全	5
	部分装备	3
	无	0
救援装备	装备齐全	5
	部分装备	3
	无	0

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

#### 条文说明

应急管理系统（软件平台）有助于提升应急事件处置效率，包括图示化应急预案、人工确认事故信息后自动快速上报事故信息、结合隧道应急事件情况根据应急预案自动形成应急救援方案等功能。应急救援站指被评估隧道专用救援站或距离隧道洞口不超过 5km 范围内的救援站。专用救援车辆指为隧道应急救援专门配备的清障车、拖车、灭火车辆（水罐车、泡沫车）、照明车、发电车、排烟车、专用救援摩托车等。救援装备指除专用救援车辆外的其他救援装备，如破拆工具装备、救生装备等。专用救援车辆、救援装备可由同一隧道管理单位下辖隧道共用。

智能化封闭隧道设施分为柔性和刚性两类。柔性封闭隧道设施包括：水幕、水雾、气幕或光幕等，即使车辆撞上封闭设施，不会造成碰撞伤害。刚性封闭隧道设施包括：栏杆、卷帘、路障等，车辆撞上封闭设施，会造成碰撞伤害。

## 7.4 总体风险分级

7.4.1 根据致险因子和保障因子的分值，应按表 7.4.1 确定公路隧道总体风险等级。

表 7.4.1 公路隧道总体风险分级标准

ZX 值 \ BZ 值	BZ 值				
	[0, 40)	[40, 60)	[60, 75)	[75, 85)	[85, 100]
[0.90, 1.00]	IV	IV	IV	III	II
[0.84, 0.90)	IV	IV	III	III	II
[0.78, 0.84)	IV	III	III	II	II
[0.72, 0.78)	III	III	II	II	I
[0.6, 0.72)	II	II	II	I	I

#### 条文说明

总体风险等级的分界阈值特别是 III 级和 IV 级风险阈值的确定，直接影响运营单位风险处置范围和程度。因此，分级阈值的确定，除考虑计算分值因素外，还应考虑国内隧道相关规范相关指标要求、隧道交通事故和经济发展水平等因素，合理确定分级标准。总体运营安全风险评估本规范推荐采用指标体系法，总体风险分值是对各风险指标项和安全保障指标项的综合衡量，风险等级主要依据风险分值进

行划分。

征求意见稿

---

## 8 专项风险评估

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 公路隧道运营安全专项风险评估应根据相应启动条件开展火灾、结构灾害、设备失效和地质气象灾害的评估工作。

**8.1.2** 隧道运营安全专项风险评估宜采用定量为主、定量与定性相结合的方法，估计风险事件的后果，确定风险后果等级。风险后果估计方法应结合风险事件特点、可获得的资料或数据等因素确定。

**8.1.3** 隧道运营安全专项风险评估的基本程序宜包括风险识别、风险分析、风险评价。

**8.1.4** 隧道运营安全专项风险后果可从人员伤亡、直接经济损失、社会环境影响等方面进行估计。当两种及以上后果同时产生时，应采用就高原则确定风险后果等级。

### 8.2 火灾专项风险评估

**8.2.1** 火灾风险识别应依次开展资料收集整理、火灾位置及类型分类、火灾风险事件影响因素识别、确定火灾风险事件场景等工作。

#### 条文说明

火灾风险识别通过系统分析工程资料，依据火灾发生位置、着火车辆类型对火灾风险场景进行分类，分解事件发生发展全过程，并对各过程影响因素及可能后果进行识别，明确可能发生的火灾风险事件场景或场景组合。

**8.2.2** 火灾风险识别收集隧道相关资料时，除应符合本规范第 6.0.4 条和 6.0.5 条规定外，还应收集评估对象历史火灾事故资料、邻近隧道或类似隧道工程火灾事故资料。

#### 条文说明

评估对象历史火灾事故资料、邻近隧道或类似隧道工程火灾事故资料有利于分析火灾事故发展过程，推断火灾事故原因及影响因素，确定火灾场景或场景组合。

**8.2.3** 火灾风险识别时，应在总结隧道历史火灾资料基础上，按照火灾典型发生位置和着火车辆类型，对可能发生的火灾风险事件进行分类。

#### 条文说明

火灾事故发生位置和着火车辆类型是火灾事故场景的基础，但可能发生的火灾场景数量众多，不可能逐一分析。因此，应在隧道历史火灾案例总结的基础上，对典型发生位置和着火车辆类型进行识别，确定火灾场景分类。火灾事故发生位置可按发生位置对于后续火灾发展和疏散救援策略影响进行分类，如火灾发生在疏散出口（横通道口）处、在相邻两个疏散出口之间、在隧道堵车段等。着火车辆可根据隧道交通通行策略进行分类，如小型车辆火灾、中型车辆火灾、大型货车火灾、大型客车火灾等。

**8.2.4** 火灾风险识别宜按照火灾随时间发展过程，对火灾风险事件影响因素进行识别。

#### 条文说明

火灾风险事件的影响因素较多，风险识别时宜按照火灾随时间发展过程进行梳理，通常包括火灾发生、增长、完全发展和衰减等不同阶段。火灾风险事件影响因素除考虑火灾发生位置和规模外，还宜考虑火灾自动报警系统有效性、司乘人员自救是否成功、报警和通信系统是否正常、疏散系统是否正常、排烟系统是否正常等。

**8.2.5** 火灾风险识别可采用事件树法确定可能发生的火灾风险事件场景。火灾场景应包括隧道环境、火灾位置及规模、影响火灾发展过程的相关因素。

#### 条文说明

火灾风险事件场景（或组合）是开展火灾风险分析的基础。每个火灾场景应包括火灾随时间发展的过程、隧道环境和其他影响火灾发展的因素，确定造成该火灾与其他火灾不同的关键事件。采用事件树法，创建能代表与火灾场景相关的从火灾引燃到火灾熄灭全过程中可供选择的事件序列。每一个事件树分支代表一个可能发生的火灾场景。

**8.2.6** 火灾风险分析可分为3个步骤，包括选择典型火灾场景、火灾场景后果估计、确定风险等级。

**8.2.7** 火灾场景后果估计应结合工程资料收集情况、可获得的数据、火灾场景类型等因素确定，且应符合下列规定：

**1** 当有详细历年火灾事故损失统计数据时，应使用统计数据直接估算评估对象发生火灾事故的后果，后果可采用人员伤亡数量或财产损失数量表示。

**2** 当无准确火灾事故损失统计数据，且火灾场景较简单时，可采用专家调查法定性分析评估对象发生火灾事故的后果等级。

**3** 当无准确火灾事故损失统计数据，且火灾场景较复杂时，宜采用数值模拟法定量分析评估对象发生火灾事故的后果，后果可采用人员伤亡数量表示。

#### 条文说明

后果分析方法可选用直接估算法、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CFD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（ASET）和必需疏散时间（RSET），通过比较ASET和RSET对疏散的安全性进行评估，获得可能人员伤亡数量。

---

**8.2.8** 火灾场景风险后果等级应按照本规范第 5.2 节执行。隧道火灾专项风险等级可采用火灾场景风险后果等级，火灾场景较多时，应取典型火灾场景中风险等级的最高值。

#### 条文说明

对于同类隧道火灾事故，可通过大量火灾事故统计的方法获得火灾风险事件的可能性，但对于具体的评估对象的火灾风险事件可能性目前尚无准确的定量分析方法。因此隧道火灾专项风险评估采用火灾风险后果等级作为隧道火灾专项风险等级。当火灾场景较多时，以所有火灾场景风险后果等级的最高值作为该隧道的火灾专项风险等级。

**8.2.9** 火灾专项风险评价应根据确定的火灾风险等级，按照本规范第 5.2.3 条对评估对象火灾专项风险进行评价。

### 8.3 结构灾害专项风险评估

**8.3.1** 结构灾害专项风险评估收集隧道相关资料时，除应符合本规范第 6.0.4 条和 6.0.5 条规定外，还应收集邻近隧道的历史结构灾害情况、交通影响、人员伤亡、经济损失等相关资料。

#### 条文说明

风险识别对象邻近隧道历史结构灾害情况、地质灾害、极端气象、交通影响、人员伤亡、经济损失等相关资料的获取，有利于类比确定结构灾害风险事件和事件组合，推断结构灾害风险事件的风险源和潜在后果。

**8.3.2** 隧道结构灾害专项风险评估可结合风险源、风险事件和潜在后果综合选取一种或多种评估方法。

#### 条文说明

结构灾害专项风险评估时，采用结构计算、数值模拟、虚拟现实试验、模型试验等数值模拟与试验模拟等方法开展定量计算分析，有助于发现和确定风险源、风险事件和潜在后果。当条件不充分或基础数据不足时，可采用专家调查法、检查表法等定性方法有助于快速评价结构灾害风险等级。

**8.3.3** 结构灾害风险识别方法可采用检查表法、专家经验法、数值模拟法等方法，对发展中的结构灾害，宜进行动态风险识别。

#### 条文说明

结构灾害风险识别除可采用常规的检查表等人工识别方法外，对于动态发展的结构灾害，人工识别难以实时掌握风险变化，宜采用自动监测装备、巡检机器人等新型技术与装备，进行动态风险识别，及时监（检）测结构灾害风险。

**8.3.4** 结构灾害专项风险源应排查下列内容：

- 1 膨胀性围岩、岩溶、瓦斯、采空区、高地应力、多年冻土等不良地质条件。
- 2 崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷等特殊地质灾害。
- 3 台风、山洪、暴雨、暴雪等极端气象条件。
- 4 衬砌厚度不足、衬砌背面空隙、蜂窝、麻面、钢筋位置不当、仰拱充填层不密实等结构

缺陷情况。

5 变形、开裂、错台、起层、剥落、强度降低、钢筋腐蚀等结构病害情况。

#### 条文说明

不良地质条件、特殊地质灾害、极端气象条件是结构灾害风险产生的外部条件，结构缺陷情况是结构灾害风险产生的内在因素，风险源识别宜同时开展外因与内因的识别。

8.3.5 结构灾害专项风险事件评估应排查下列内容：

1 变形、冻胀、破损、剥落、坍塌等外荷载作用所致结构风险事件。

2 衬砌厚度不足、钢筋位置不当、混凝土腐蚀、混凝土碳化、钢材锈蚀等承载能力下降所致结构风险事件。

3 衬砌背面空隙、仰拱充填层不密实等边界条件弱化所致结构风险事件。

4 漏水、挂冰、积水、结冰等衬砌渗漏水所致结构风险事件。

5 路面沉陷、隆起、坑洞，吊顶及预埋件掉块、脱落等其他结构风险事件。

6 多种结构灾害风险事件共同作用。

8.3.6 结构灾害专项风险事件发生后，宜进行交通影响量化分析，可采用数值模拟法、试验模拟法等方法，分析风险事件发生的可能性，以及事件发生后人、车、交通的潜在伤亡、损毁和拥堵等潜在后果。

#### 条文说明

结构灾害风险交通影响量化分析主要针对结构灾害对人、车、交通的影响，具体包括洞口岩石崩塌、结构掉块、垮塌砸中行驶车辆，造成人员伤亡，财产损失；崩塌、滑坡、泥石流、渗漏水等造成路面积水、积沙、积泥，影响行车速度、行车安全等，造成交通拥堵、交通事故等。

8.3.7 结构灾害专项风险事件发生后，宜进行承载能力影响量化计算分析，并遵循以下原则：

1 若风险源明确，则宜采用荷载结构的数值模拟法，从荷载、结构、边界条件的角度等效风险源，进行量化计算分析。

2 若风险源不明确，则可结合数值模拟法、试验模拟法等方法分析风险事件可能的风险源与潜在后果。

#### 条文说明

隧道结构灾害风险源可简化为外部荷载、断面改变、材质劣化、边界改变等不同作用形式，常见结构灾害等效方法可按表 8-1 确定。等效方法确定时，一种风险事件可能具有多重属性，具体等效方法结合实际情况取定；多种风险事件同时作用时，可等效作用于同一个模型进行量化计算，最终取求结构安全系数。

表 8-1 常见结构灾害风险等效方法

序号	风险源类型	风险事件	等效方法
1	外部荷载	坍塌	坍塌荷载
2		渗漏水	水压力

3	断面改变	变形	边界位移
4		冻胀	冻胀力
5		裂缝	刚度等效
6		厚度不足	厚度等效
7		剥落、起层	厚度等效
8	材质劣化	露筋	厚度等效+钢筋验算参数
9		碳化	厚度等效+混凝土验算强度
10		强度不足、蜂窝、麻面	刚度参数+混凝土验算强度
11	边界改变	空洞	约束去除+荷载调整
12		围岩松弛	边界抗力等效

8.3.8 结构灾害专项风险评价等级应按表 8.3.8-1~表 8.3.8-4 执行，多种风险事件同时存在时，结构灾害风险后果等级取其最不利值。

表 8.3.8-1 剥落掉块、变形失稳与风险等级

风险等级	风险描述	
	外荷载作用所致	材料劣化所致
IV	衬砌结构发生明显的永久变形，裂缝密集，出现剪切性裂缝，裂缝深度贯穿衬砌混凝土，并且发展快速；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间，且衬砌有效厚度较薄，空腔上部可能掉落至拱背；衬砌结构侵入建筑限界；结构承载危险，危及行车安全	材料劣化非常严重，断面强度明显下降，结构物功能损害明显；由于拱部材料劣化，导致混凝土起层、剥落，混凝土块可能掉落或已有掉落；结构承载危险，危及行车安全
III	出现变形、位移、沉降，裂缝密集，出现剪切性裂缝，发展速度较快；边墙处衬砌扭裂，导致起层、剥落，边墙混凝土有可能掉下；拱部背面存在大的空洞，上部落石可能掉落至拱背；衬砌结构侵入内轮廓界限；结构承载能力严重受损，影响行车安全	材料劣化严重，钢筋断面因腐蚀而明显减小，断面强度有相当程度的下降，结构物功能受到损害；边墙混凝土起层、剥落，混凝土块可能掉落或已有掉落；结构承载能力严重受损，影响行车安全
II	出现变形、位移、沉降和裂缝，发展缓慢，边墙衬砌背后存在空隙，有扩大的可能；结构承载能力中等受损，可能会影响行车安全	材料劣化明显，钢筋表面全部生锈、腐蚀，断面强度有所下降，结构物功能可能受到损害；结构承载能力中等受损，可能会影响行车安全
I	出现变形、位移、沉降和裂缝，但无发展或已停止发展；结构承载能力轻微受损或完好，不影响行车安全	存在材料劣化，钢筋表面局部腐蚀，衬砌无起层、剥落，对断面强度几乎无影响；结构承载能力轻微受损或完好，不影响行车安全

表 8.3.8-2 突泥涌水风险等级

风险等级	风险描述
IV	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；结构承载危险，危及行车安全

III	拱部有涌流、侧墙有喷射水流，路面积水，沙土流出、拱部衬砌因渗水形成较大挂冰、胀裂，或涌水积冰至路面边缘；结构承载能力严重受损，影响行车安全
II	衬砌拱部有滴漏，侧墙有小股涌流，路面有浸渗但无积水，拱部、边墙因渗水少量挂冰，边墙脚积冰；结构承载能力中等受损，可能会影响行车安全
I	衬砌表面存在浸渗；结构承载能力轻微受损或完好，不影响行车安全

表 8.3.8-3 路面结构风险等级

风险等级	风险描述	
	定性描述	路面条件指标
IV	路面出现大面积的明显沉陷、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、结冰或堆冰；危及行车安全	<60
III	路面出现较大面积的沉陷、隆起、坑洞、表面剥落、露骨、破损、裂缝、积水严重等；影响行车安全	≥60, <70
II	路面有局部的沉陷、隆起、坑洞、表面剥落、露骨、破损、裂缝，轻微积水；可能会影响行车安全	≥70, <80
I	路面有浸湿、轻微裂缝、落物等；不影响行车安全	路面条件指标≥80

注：路面条件指标=max[路面损坏状况指数（PCI）、路面跳车指数（PBI）、路面抗滑性能指数（SRI）]。

表 8.3.8-4 吊项风险等级

风险等级	风险描述
IV	吊项严重破损、开裂甚至掉落，出现喷涌水、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；危及行车安全
III	吊项存在较严重的变形、破损，出现涌流、挂冰，吊杆等预埋件严重锈蚀；影响行车安全
II	吊项破损、开裂、滴水，吊杆等预埋件锈蚀，尚未影响交通安全；可能会影响行车安全
I	存在轻微变形、破损、浸水；不影响行车安全

#### 条文说明

本条主要参照《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）制定。路面损坏状况指数（PCI）、路面跳车指数（PBI）、路面抗滑性能指数（SRI）参照《公路技术状况评定标准》（JTG 5210）。

## 8.4 设备失效专项风险评估

8.4.1 机电设施设备失效专项风险评估宜采用考虑机电设施各项目权重的评估方法。

#### 条文说明

由于公路隧道机电设施种类和项目较多，各项目较为独立且相互关联性较低，所以有必要根据机电设施各项目的权重，对机电设施设备失效专项风险评估进行评定。机电设施各分项权重可参考《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）的相关规定取值。

8.4.2 机电设施各设备应按照重要程度由高到低分为 A、B、C 三类。机电设施各设备分类宜按表 8.4.2 的规定确定。

表 8.4.2 机电设施各设备分类表

分项	A 类	B 类	C 类
供配电设施	高压互感器与避雷器柜、高压隔离开关和负荷开关、10kV 电力变压器、箱式变电站、电力电容器柜、低压开关柜、配电箱、插座箱、控制箱、电力线缆、架空线、电力监控系统、直流电源、UPS 电源、EPS 电源、柴油发电机组、防雷接地设施、保护接地设施	高压开关柜、35kV 电力变压器、清洁能源系统（风、光、水能源）	电缆桥架、槽盒、托架及支架、变电所铁构件
照明设施	隧道灯具、照明线路	洞外路灯	智能调光系统
通风设施	射流风机、排烟阀	金属风道、轴流风机	
消防设施	点型感烟、感温火灾探测器，双/三波长火焰探测器、分布式光纤线型、光纤光栅线型感温火灾探测器、图像型火灾探测器、手动报警按钮、火灾报警控制器、火灾声光报警器、消防供水设施、水喷雾灭火设施	消火栓及灭火器、气体灭火设施、电光标志	消防车、消防摩托车
监控与通信设施	视频监控、紧急电话与有线广播、本地控制器、横通道门、通信设施、监控中心设备及系统	视频可变信息标志、可变限速标志、车道指示器、交通信号灯、视频事件检测器、横通道控制箱、大屏幕显示系统、监控系统软件、结构与状态监测设施、洞口柔性警示设备	亮度检测器、能见度检测、车辆检测、CO 检测器、风速风向检测器、车温探测预警设备
排水设施	自动控制系统、水泵	排水管道、液位检测器	

8.4.3 机电设施设备失效专项风险评估应采用设备完好率进行评价，其计算方法应符合下列规定：

- 1 机电设施各分项的设备完好率应按式（8.4.3-1）计算。

$$E_i = \left( 1 - \frac{\text{设备故障台数} \times \text{故障天数}}{\text{设备总台数} \times \text{日历天}} \right) \times 100\% \quad (8.4.3-1)$$

式中： $E_i$ ——机电设施各分项的设备完好率，0~100%；

2 机电设施各分项的设备完好率计算中的“设备台数”可按表 8.4.2 中设备分类进行计算。

3 机电设施设备完好率应按式（8.4.3-2）计算。

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (8.4.3-2)$$

式中： $E$ ——设备完好率，0~100%；

$w_i$ ——各分项权重。

4 机电设施各分项设备权重宜按表格 8.4.3 的规定确定。

表 8.4.3 机电设施各分项权重表

分项	分项权重 ( $w_i$ )	分项	分项权重 ( $w_i$ )
供配电设施	21	消防设施	19
照明设施	18	监控与通信设施	17
通风设施	17	排水设施	8

8.4.4 机电设施 A 类设备失效风险评价等级应按表格 8.4.4 的规定确定，B 类和 C 类可参照执行。

表 8.4.4 机电设施设备失效风险评价等级表

风险等级	A 类	B 类	C 类
I	95%≤设备完好率≤100%	90%≤设备完好率≤100%	85%≤设备完好率≤100%
II	88%≤设备完好率<95%	80%≤设备完好率<90%	73%≤设备完好率<85%
III	80%≤设备完好率<88%	70%≤设备完好率<80%	73%≤设备完好率<60%
IV	设备完好率<80%	设备完好率<70%	设备完好率<60%

## 8.5 地质气象灾害专项风险评估

8.5.1 地质气象专项风险评估收集隧道相关资料时，除应符合本规范第 6.0.4 条和 6.0.5 条规定外，还应收集邻近隧道的历史地质灾害、极端气象、交通影响、人员伤亡、经济损失等相关资料。

8.5.2 地质气象灾害风险评估可结合风险源、风险事件和潜在后果综合选取一种或多种评估方法。

8.5.3 地质气象灾害风险识别可采用检查表法、专家经验法、数值模拟法等方法，对发展中的

地质气象灾害，宜进行动态风险识别。

#### 条文说明

地质气象风险识别是风险分析、风险评价的基础，对隧道结构灾害风险源、风险事件及其原因、影响因素、潜在后果的识别，有助于确定结构地质气象灾害特性或作用特性，为后续风险分析、评价与应对做准备。地质气象灾害发生后，隧道结构亦会发生裂缝、起层剥落、渗漏水等损坏，影响公路隧道运营安全，如地震、活动断裂、暴雨等地质气象灾害，次生灾害引发的风险不容忽视。地质气象灾害风险识别除可采用常规的检查表等人工识别方法外，对于动态发展的地质气象灾害，人工识别难以实时掌握风险变化，宜采用自动监测装备、巡检机器人等新型技术与装备，进行动态风险识别，及时监（检）测地质气象灾害风险。

#### 8.5.4 隧道地质气象灾害专项风险事件评估可包括下列内容：

- 1 岩石崩塌、山体滑坡的崩（滑）体大小、稳定状态、作用部位等。
- 2 活动断层的产状、性质、富水条件、破碎程度、断裂尺寸等。
- 3 地震的持续时间、震中位置、地震震级、震源深度等。
- 4 降雨（雪）强度、路面积水（雪）深度、衬砌后水头高度、洞口路面结冰状态等。
- 5 地质气象灾害引发的次生结构灾害，如裂缝、起层剥落、渗漏水等。

8.5.5 地质气象灾害专项风险事件发生后，宜进行交通影响量化分析，可采用数值模拟法、试验模拟法等方法，分析风险事件发生的可能性，以及事件发生后人、车、交通的潜在伤亡、损毁和拥堵等潜在后果。

#### 条文说明

地质气象灾害风险交通影响量化分析主要针对气象地质灾害对人、车、交通的影响，具体包括洞口岩石崩塌、山体滑坡、活动断层、暴雨水淹、洞口结冰等风险源引起的人、车、交通的伤亡、损坏和拥堵等。

#### 8.5.6 地质气象灾害专项风险事件发生后，宜进行承载影响量化计算分析，并遵循以下原则：

1 若风险源明确，则优先使用荷载结构计算、条分法、强度折减法等数值模拟方法计算分析结构承载力与边坡稳定性，结合结构承载安全系数、位移增量与边坡稳定系统等指标进行风险评价。

2 若风险源不明确，则可结合数值模拟法、试验模拟法分析风险事件可能的风险源与潜在后果。

#### 条文说明

山体滑坡作用下岩体稳定性可采用条分法、强度折减法等方法求取；活动断层、暴雨地下水作用下结构承载特性可等效后采用荷载结构法求取，等效方式可参考表 9-1 选取，地震作用下结构承载特性可参照《公路隧道抗震设计规范》（JTG 2232）求取。

8.5.7 地质气象灾害专项风险评价等级应按表 8.5.7-1~表 8.5.7-3 执行，多种风险事件同时存在时，地质气象灾害专项风险等级取其最不利值。地质气象灾害引起的起层剥落、突泥涌水等间接风险按 8.3 节评价。

表 8.5.7-1 洞口岩石崩塌、山体滑坡风险等级表

风险等级	定性描述
IV	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，坡面树木或电线杆倾倒等；隧道结构承载危险，危及行车安全
III	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、明显的永久变形，墙角或坡面有土石堆积，排水设施完全堵塞、破坏，排水功能失效隧道结构承载能力严重受损，影响行车安全
II	山体及岩体裂缝发展，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；隧道结构承载能力中等受损，可能会影响行车安全
I	完好，无破坏现象或山体及岩体、挡土墙、护坡等有轻微裂缝产生，排水设施存在轻微破坏；隧道结构承载能力轻微受损或完好，不影响行车安全

表 8.5.7-2 活动断裂、地震风险等级表

风险等级	风险描述
IV	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；隧道结构承载危险，危及行车安全
III	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；隧道结构承载能力严重受损，影响行车安全
II	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；隧道结构承载能力中等受损，可能会影响行车安全
I	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无影响；隧道结构承载能力轻微受损或完好，不影响行车安全

表 8.5.7-3 暴雨水淹、洞口结冰灾害风险等级表

风险等级	风险描述
IV	路面积水漫流、大面积结冰，严重影响行车安全
III	路面局部积水、结冰，影响行车安全
II	路面轻微积水，可能会影响行车安全
I	路面无积水、结冰；不影响行车安全

条文说明

此条主要参照《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)确定，在其基础上，结合本规范的目的与内容，技术状况值为 0、1 时评定为 I 级风险；技术状况值为 2 时评定为 II 级风险；技术状况值为 3 时评定为 III 级风险；技术状况值为 4 时评定为 IV 级风险。

## 9 风险应对措施建议

### 9.1 一般规定

9.1.1 应根据风险等级，按照风险接受准则，提出针对性的风险应对措施建议。

9.1.2 风险应对措施应根据隧道运营环境、风险评估结果、风险接受准则等因素综合确定。

### 9.2 应对措施

9.2.1 公路隧道运营安全风险的措施可包括重点巡查、监测预警、升级改造和专项治理等。

9.2.2 公路隧道应根据风险等级按表 9.2.2 采取风险应对分级策略与措施。

表 9.2.2 分级应对策略与措施建议

风险等级	分级应对策略	分级应对措施
IV 级	必须及时采取措施	监测预警、综合升级改造、及时专项治理等
III 级	应采取措施	监测预警、局部升级改造、尽快专项治理等
II 级	可采取预防措施	重点巡查、监测预警等
I 级	不需采取措施	正常养护运营

9.2.3 运营安全风险等级为IV级的高风险隧道，必须及时采取综合措施进行处置，将其风险降低至可接受或以下。

#### 条文说明

隧道运营安全风险为IV级时，归为高风险隧道类。该类隧道通常为已经呈现事故聚焦特征或存在运行环境复杂、路面抗滑性能衰减、设备使用性能欠佳等潜在事故风险。风险事件发生概率高、后果严重，必须及时采取监测预警、升级改造、专项治理等综合处治措施将风险降低到可接受或以下。

9.2.4 运营安全风险等级为III级的较高风险隧道，应尽快采取措施控制或降低安全风险，将其风险降低至可接受或以下。

#### 条文说明

隧道运营安全风险为III级时，归为较高风险隧道类，应基于风险接受准则，采取有效措施，合理管控风险或降低风险等级，将其风险降低至可接受或以下。

9.2.5 针对风险评估中发现的重要风险源应提出重点巡查措施建议。对于正在恶化中的重要风险源，宜提出靶向动态巡查的建议。

#### 条文说明

对于重要风险源，可采用档案电子化、信息数字化和靶向监测等技术手段，提高巡查效率和水平，利于跟踪比对与及时识别风险。

9.2.6 较高或高风险隧道的风险应对措施建议宜符合下列要求：

1 应提出监测和预警的应对措施建议。对于尚不能尽快降低风险的隧道，宜提出长期自动化监测和预警的建议。

2 可根据较高或高风险隧道的评估情况，提出土建结构或交通工程与附属设施的局部或综合升级改造的建议。

3 可从降低风险概率、提高安全保障等方面提出专项治理工作建议。

#### 条文说明

1 对于尚不能尽快降低风险的隧道，除常规监测手段外，提倡采用远程化、自动化、实时化等智能监测与预警技术手段，及时动态识别重大风险。

**9.2.7** 实施风险应对措施后，应根据风险接受准则开展再评估工作，直至风险降低至可接受或以下。

征求意见稿

# 附录 A 隧道运营安全风险评估方法适用性

A.0.1 隧道运营安全风险评估常用的技术方法如表 A.0.1 所示。

表 A.0.1 隧道运营风险评估方法

分类	名称	适用范围
定性分析方法	专家调查法 (包括德尔菲法)	专家调查法适用于难以借助精确的分析技术而可依靠集体的直观判断进行预测的风险分析问题。问题复杂、专家代表不同的专业且没有交流的历史。受时间、经费限制，或因专家之间存有分歧、隔阂不宜当面交换意见。
	检查表法	检查表是在大量实践经验基础上编制的识别危害因素的检查表。检查表的适用范围广泛，在有事先编制的、适用的安全检查表或者事故隐患检查表的情况下都是适用的。
	专家经验法	专家经验法适用范围广泛，对一些难以精确分析的风险问题均可适用专家经验法。
	专家信心指数法	专家信心指数法是一种改进的专家调查法。所谓信心指数就是专家在做出相应判断时的信心程度，也可以理解为该数据的客观可靠程度。这就会大大提高数据的可用性，也可以扩大数据采集对象的范围。适用范围同专家调查法。
定量分析方法	指标体系法	指标体系法适用于对影响风险事件的主要因素和评价指标明确的情况。通过确定评价指标以及指标分值和权重，从而建立指标体系表进行风险的分级。
	层次分析法	层次分析法适用于任何领域的任何环节，但不适用于层次复杂的系统。
	场景分析法	场景分析法适用于对影响风险事件的基本流和备选流明确的情况。要对风险事件的多种不同发展方向了解的情况下确定不同的场景，对每种场景的后果进行分析。
	统计数据估计法	统计数据估计法适用于有详细历史事故统计时，可使用统计数据直接估算评估对象发生事故的可能性。
	数值模拟法	采用数值计算软件对模拟问题进行建模分析，分析结构受力于变形，或者进行仿真模拟，并进行风险评估。该方法适用于复杂问题模拟计算，判断结构与施工风险信息。
	试验模拟法	试验模拟法适用于问题比较复杂，适用于大型项目。通过试验的模拟来实现对风险事件的重现，从而对风险事件进行全面的分析。
	故障树法	故障树法应用比较广，非常适合于复杂性较大的系统。故障树法经常用于直接经验较少的风险源辨识。
	事件树法	事件树可以用来分析系统故障、设备失效、工艺异常、人的失误等，应用比较广泛。事件树法不能分析平行产生的后果，不适用于详细分析。
风险矩阵法	该方法可根据使用的需求对风险等级划分进行修改，使其适用不同的分析系统，但要有一定的经验和数据资料做依据。其即可适用于整个系统，又可以适用于系统中某一环节。	

## 附录 B 隧道运营安全总体风险评估表

### 附录 B.1 致险因素评估评分表

公路隧道运营安全总体风险致险因素评估评分表可采用表 B.1 进行评分。

表 B.1 致险因素评分表

运营风险评分项目		最大分值	XX 隧道得分
R1	隧道重要度	100	
R1-1	国家高速公路网	100	
R1-2	地方高速公路网	50	
R1-3	一级公路用作干线功能	30	
R1-4	一级公路用作集散公路	20	
R2	车公里数	100	
R3	车道交通量	100	
R4	大型车公里数	100	
R5	危险货物运输车辆通行	100	
R6	路面条件	100	
R6-1	路面类型	30	
R6-2	路面损坏状况指数 (PCI)	10	
R6-3	路面跳车指数 (PBI)	10	
R6-4	路面抗滑性能指数 (SRI)	50	
R7	隧道线形	100	
R7-1	“连续长下坡”+平面曲线 (半径小于一般值)	100	
R7-2	“连续长下坡”+平面曲线 (半径不小于一般值)	80	
R7-3	“连续长下坡”+平面直线	50	
R7-4	非“连续长下坡”、且纵坡大于 3%+平面曲线	20	
R8	土建结构	100	
R8-1	洞口	18	
R8-2	洞门	6	
R8-3	衬砌	47	
R8-4	检修道	2	
R8-5	排水系统	7	
R8-6	吊顶及各种预埋件	12	
R8-7	内装饰	2	
R8-8	标志、标线、轮廓标	6	
R9	其它风险	100	
R9-1	拥堵情况	30	
R9-2	气象、地质条件	50	
R9-3	相邻隧道	20	

附录 B.2 保障因素评估评分表

公路隧道运营安全总体风险致险因素评估评分表可采用表 B.2-1~表 B.2-9 对各分项进行评分。

表 B.2-1 照明设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
照明设施	基本指标		75	
	路面平均亮度	满足规范要求	30	
		不满足规范要求	0	
	亮度纵向均匀性	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	隧道两侧墙壁 2 米高范围内平均亮度	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	应急照明	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	引道照明	有洞外引道照明	5	
		无洞外引道照明	0	
	路面两侧 2 米高范围内墙面反射系数	反射系数大于等于 0.7	5	
		反射系数小于 0.7	0	
	有源诱导标	有(且正常工作)	5	
		无	0	
	灯具清洁	灯具干净、整洁	5	
		明显集灰及油污	0	
	照明智能调光系统	有	10	
		无	0	
照明设施动态功能性检测装置	有	5		
	无	0		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

表 B.2-2 供配电设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
供配电设施	基本指标		75	
	外电源	满足规范要求	25	
		不满足规范要求	0	
	应急电源装置（EPS）	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	不间断电源装置（UPS）	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	配电变压器	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	隧道低压配电系统	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	隧道电力监控系统	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	双电源自动投入装置	有	10	
		无	0	
	电气火灾检测系统	有	10	
		无	0	
	消防水泵巡检系统	有	5	
		无	0	
自备发电设备	有	10		
	无	0		
消防用电设备配电线路末端切换	有	5		
	无	0		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

表 B.2-3 交通监控与管控设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
交通监控 与管控设 施	基本指标		75	
	危险货物运输车辆通行 管理	有限制通行措施	10	
		自由通行	0	
	视频事件检测系统	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	隧道摄像机	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	交通信号灯	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	车道指示器	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	可变信息标志	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	标志、标线、轮廓标	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	拥堵状态实时监测系统	有	10	
		无	0	
	隧道洞口人员值守	有	10	
		无	0	
统一监控软件平台	有	5		
	无	0		
洞口智能交通管控措施	有	10		
	无	0		
卡口测速系统	有	5		
	无	0		

注: 1 表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。2 “洞口智能交通管控措施”是指能够远程控制自动关闭隧道的措施, 例如“电动栏杆”。

表 B.2-4 通讯设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
通讯设施	基本指标		75	
	隧道有线广播	满足规范要求	45	
		不满足规范要求	0	
	紧急电话设施	满足规范要求	30	
		不满足规范要求	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	隧道内无线调频广播	有	10	
		无	0	
	隧道内移动信号强度	所有运营商均覆盖	15	
		两个运营商覆盖	5	
无移动信号覆盖		0		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

征求意见稿

表 B.2-5 逃生与救援设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
逃生与救援设施	基本指标		75	
	紧急停车带	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	人行横通道	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	人行横通道间距	间距 $\leq 250\text{m}$	15	
		$250\text{m} < \text{间距} \leq 350\text{m}$ , 取线性插值	(11.25, 15)	
		间距=350m	11.25	
		间距 $> 350\text{m}$ 时	0	
	车行横通道	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	车行横通道间距	间距 $\leq 750\text{m}$	15	
		$750\text{m} < \text{间距} \leq 1000\text{m}$ , 取线性插值	(11.25, 15)	
		间距=1000m	11.25	
		间距 $> 1000\text{m}$ 时	0	
	隧道洞口联络通道	满足规范要求	5	
		不满足规范要求	0	
	疏散指示标志	满足规范要求	5	
		不满足规范要求	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	人行横通道间距	最大间距 $\leq 200\text{m}$	10	
	车行横通道间距	最大间距 $\leq 600\text{m}$	5	
	显著的横通道指示标志	有	5	
无		0		
优化疏散指示标志	有	5		
	无	0		
疏散智能引导装备	有	5		
	无	0		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

表 B.2-6 通风设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
通风设施	基本指标		75	
	通风环境监测设施	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	隧道纵向风向可控	可控制	10	
		不可控制	0	
	隧道纵向风速可控	可控制	15	
		不可控制	0	
	隧道排烟风机性能	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	通风运行技术方案	满足规范要求	20	
		不满足规范要求	0	
	排烟射流风机逆向运行	双向排烟射流风机	10	
		单向排烟射流风机	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	火灾排烟策略	具有可操作性的火灾排烟策略	10	
		无火灾排烟策略	0	
	火灾排烟演练	定期开展演练	5	
		不定期或未开展演练	0	
	变频通风智能控制系统	有	10	
		无	0	
风机性能监测系统	有	5		
	无	0		
通风设施性能评估	通风能力满足设计要求	10		
	不满足	0		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

表 B.2-7 火灾自动报警与防火灭火设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分	
火灾自动报警与灭火设施	基本指标		75		
	火灾自动报警系统	满足规范要求	20		
		不满足规范要求	0		
	火灾声光报警器	满足规范要求	5		
		不满足规范要求	0		
	手动报警按钮	满足规范要求	5		
		不满足规范要求	0		
	灭火器	满足规范要求	10		
		不满足规范要求	0		
	消火栓系统	满足规范要求	20		
		不满足规范要求	0		
	固定式水成膜泡沫灭火装置	满足规范要求	10		
		不满足规范要求	0		
	气体灭火系统	满足规范要求	5		
		不满足规范要求	0		
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)			25	
	两套独立火灾探测器	不少于两套	15		
		少于两套	0		
	智能火灾监测系统	有	5		
		无	0		
泡沫水喷淋系统	有	5			
	无	0			
主体结构防火	有	5			
	无	0			

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

表 B.2-8 结构健康检测与监测设施评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
结构健康检测与监测设施	基本指标		75	
	日常巡查合规	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	清洁合规	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	经常检查合规	满足规范要求	15	
		不满足规范要求	0	
	定期检查合规	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	应急检查合规	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	专项检查合规	满足规范要求	10	
		不满足规范要求	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分, 如超则按 25 分计)		25	
	监测项目完整	完整	10	
		较完整	5	
		较多缺失	0	
	布设测点覆盖重大结构病害或隐患部位	全覆盖	5	
		未全覆盖	0	
	精度满足相关规范要求	满足规范要求	5	
不满足规范要求		0		
采用自动监测装备, 监测数据自动采集	是	5		
	否	0		
监测数据具自动分析预警功能	有	5		
	无	0		

注: 表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

表 B.2-9 应急管理评分表

评价指标	分项指标	定性定量指标	最大分值	得分
应急管理	基本指标		75	
	应急救援预案	预案详实，可操作性强	25	
		可操作性一般	18	
		可操作性差或无	0	
	应急设施联动控制	有	10	
		无	0	
	定期应急演练	周期不大于 1 年	25	
		周期 1~3 年	18	
		周期>3 年	0	
	救援人员的定期培训	周期不大于 1 年	15	
		周期 1~3 年	10	
		周期>3 年	0	
	提升指标 (下列分项指标得分总和不能超过 25 分，如超则按 25 分计)		25	
	应急管理系统	功能完善	10	
		部分功能	5	
		无	0	
	应急救援站	有	5	
		无	0	
	应急救援队抵达火场时间	不大于 5min	5	
		5~10min	3	
		大于 10min	0	
	专用救援车辆	装备齐全	5	
		部分装备	3	
无		0		
救援装备	装备齐全	5		
	部分装备	3		

注：表中“规范”指现行的隧道运营和养护规范。

## 附录 C 隧道运营安全风险评估报告格式

1. 封面示例见图 C-1。
2. 扉页一
  - ① 扉页一应署明：评估报告编制单位名称（加盖公章）。
  - ② 评估小组负责人，并应亲笔签名。
  - ③ 扉页一示例见图 C-2。
3. 扉页二
  - ① 评估小组人员名单和职称。
  - ② 扉页二示例见图 C-3。
4. 概述
5. 目录
6. 正文
7. 附件

征求意见稿

图 C-1 评估报告封面示意图

评估项目名称 (二号宋体)

运营安全风险评估报告 (一号黑体加粗)

编制单位: (四号宋体加粗)

报告完成日期 年月日

图 C-2 扉页一示意图

<p>评估项目名称（三号宋体）</p> <p><b>运营安全风险评估报告</b>（二号宋体加粗）</p> <p>征求意见稿</p> <p><b>编制单位：</b>（四号宋体加粗） <b>评估小组负责人：</b>（四号宋体加粗）</p> <p>日期：年月日</p>
---

图 C-3 扉页二示意图

主要参加人员：

XXX（研究员）

XXX（副研究员）

XXX（教授级高工）

XXX（高级工程师）

XXX（教授级高工）

XXX（高级工程师）

XXX（教授级高工）

XXX（工程师）

XXX（工程师）

XXX（助理研究员）

征求意见稿

# 本规程用词用语说明

1 本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”。

3) 当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”、“应符合本规范第×.×节的有关规定”、“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。